

RICERCHE

L'agenda ontologica della neuroscienza cognitiva: le neuroscienze come "arbitro" delle categorie psicologiche (e viceversa)

Marco Viola^(α)

Ricevuto: 22 settembre 2015; accettato: 19 febbraio 2016

Riassunto Questo articolo ambisce a fornire una ricostruzione razionale dell'ontologia della neuroscienza cognitiva. Questa dovrebbe soddisfare tre *desiderata*: (a) un'ontologia delle funzioni cognitive che descriva tutte le operazioni della mente; (b) un'ontologia delle strutture neurali che descriva tutte le parti del cervello; (c) una corrispondenza biunivoca tra ogni funzione cognitiva e una corrispettiva struttura neurale. Saranno brevemente esaminati i presupposti che stanno alla base di questi *desiderata*, nonché alcune critiche mosse dagli scettici. Dopo aver vagliato alcune possibili contro-obiezioni agli argomenti scettici, si noterà come tuttavia la migliore difesa di quest'agenda di ricerca passi dal successo empirico delle euristiche che prescrive: di conseguenza, saranno descritte le strategie euristiche attraverso cui psicologia e neuroscienze, vincolandosi reciprocamente, forniscono dei criteri per selezionare (e integrare) funzioni cognitive e strutture neurali.

PAROLE CHIAVE: Filosofia delle scienze cognitive; Filosofia delle neuroscienze; Filosofia della mente; Storia delle scienze cognitive; Ontologia cognitiva

Abstract *The Ontological Agenda of Cognitive Neuroscience: Neuroscience as an "Arbiter" for Psychological Categories (and viceversa)* – This article aims at providing a rational reconstruction of the ontology of Cognitive Neuroscience. That should satisfy three *desiderata*: (a) an ontology of cognitive functions describing any operation of the mind; (b) an ontology of neural structure describing any part of the brain; (c) a one-to-one correspondence between each cognitive function and a given neural structure. The assumptions sustaining these *desiderata* will be examined, as well as some skeptical arguments against them. Then, after having surveyed some possible counterarguments to the skeptical objections, it will be argued that the strongest defense of this research agenda is the empirical success of the heuristics that it prescribes. Thus, such heuristics will be described, showing how the mutual constraints of psychology and cognitive neuroscience provides some criteria for choosing (and integrating) cognitive functions and neural structures.

KEYWORDS: Philosophy of Cognitive Science; Philosophy of Neuroscience; Philosophy of Mind; History of Cognitive Science; Cognitive Ontology

^(α)NEtS - Center for Neurocognition, Epistemology, and Theoretical Syntax - Scuola Superiore Universitaria IUSS, Palazzo del Broletto, Piazza della Vittoria, 15 - 27100 Pavia (I)

E-mail: marco.viola@iusspavia.it (✉)



■ L'evoluzione delle (strategie per far evolvere le) ontologie di neuroscienze e psicologia

PRIMA DI POTER FORMULARE QUALSIVOGLIA teoria, ogni disciplina scientifica deve disporre di un inventario di concetti per designare le entità, le proprietà e le relazioni basilari a cui fare appello per rendere conto dei fenomeni che si propone di spiegare.

In breve, ogni disciplina deve dotarsi di un'ontologia scientifica (d'ora in poi semplicemente ontologia). Raramente queste ontologie sono condivise all'unanimità da tutti gli studiosi di una certa comunità disciplinare e tipicamente evolvono nel tempo: i vecchi concetti vengono rielaborati o sostituiti per far spazio ai nuovi – tipicamente in virtù della loro maggiore o minore capacità di dar conto dei fenomeni studiati.

Anche i criteri per ammettere o escludere certi concetti in un'ontologia possono mutare (solitamente con lentezza) segnando così uno scarto con una tradizione precedente. Un mutamento di questo genere si è verificato per esempio quando la psicologia cognitivista ha soppiantato il comportamentismo, ammettendo la possibilità di postulare entità inosservabili e sancendo che queste vanno identificate in base al loro ruolo funzionale nel mediare tra stimoli ambientali e risposte comportamentali (per lo meno nella tradizione funzionalista).¹

Tuttavia, negli ultimi trent'anni circa la così detta "espansione verticale"² della psicologia cognitiva e la sua conseguente trasfigurazione in neuroscienza cognitiva³ hanno comportato un'evoluzione dei criteri di ammissibilità di certi concetti nell'ontologia della psicologia, legando a doppio filo il destino di quest'ultima con quello dell'ontologia della neuroscienza.⁴

Per dirla con uno slogan: la neuroscienza è stata investita del ruolo di "arbitro" dell'ontologia della psicologia, ponendo il veto su quelle categorie psicologiche che non correlano con regolarità a un determinato *pattern* di attivazione neurale.⁵ Oltre a illustrare la logica che sta dietro a questa strategia, in questo articolo cercherò di mostrare come

l'agenda di ricerca vigente nella neuroscienza cognitiva preveda (anzi, richieda) anche l'inverso: e cioè che la psicologia abbia voce in capitolo nella scelta dei criteri con cui "ri-tagliare" le strutture neurali.

L'obiettivo che mi prefiggo è quello di fornire una ricostruzione razionale della neuroscienza cognitiva, concentrandomi esclusivamente sulla sua ontologia (piuttosto che, per esempio, sulla struttura delle sue leggi causali).⁶ Nel proporre questa caratterizzazione accetterò il rischio di «incorrere in qualche (utile o persino necessaria) forzatura [al fine di] esplorare fino in fondo le conseguenze di un'assunzione o i caratteri di un concetto».⁷

Prima di esplicitare i *desiderata* ontologici di quest'agenda di ricerca, le assunzioni che li giustificano e le euristiche di revisione ontologica impiegati per conseguirli, nel prossimo paragrafo esporrò per sommi capi un breve studio di caso che ci mostra queste euristiche al lavoro.

■ La cartografia delle emozioni

Nell'articolo *An Argument for Basic Emotions*, Paul Ekman⁸ propone un'ontologia delle emozioni, e argomenta in favore di essa attingendo ai risultati di due decenni di ricerca. Di contro ai costruttivisti, secondo cui tutte le emozioni sarebbero ottenute combinando processi più basilari, Ekman pone come entità teoriche fondamentali alcune "emozioni di base", contraddistinte dal possesso di alcune caratteristiche specifiche comuni, e, sulla scorta di Darwin,⁹ ne postula un'origine evolutiva.

Caratteristiche distintive delle emozioni di base sarebbero: (1) segnali distintivi comuni a tutta la specie umana (in particolare l'universalità dell'espressione facciale delle emozioni); (2) presenza di espressioni molto simili in altri primati; (3) pattern di attivazione neurale regolari nel sistema nervoso autonomo; (4) situazioni elicitanti universali (per esempio tutte le occorrenze di paura sono precedute da situazioni di pericolo); (5) coerenza tra le varie risposte; (6) attivazione rapida; (7) durata breve; (8) esistenza di meccanismi automatici per la valutazione di

stimoli dotati di significato emotivo; (9) attivazione involontaria.

Negli stessi anni, Ortony e Turner¹⁰ criticano l'ontologia delle emozioni di base, sostenendo che invece sia «più utile analizzare le espressioni e le risposte emotive nei termini di componenti e sub-componenti dissociabili piuttosto che in termini di emozioni di base».¹¹

Per esempio, l'espressione facciale prototipica della rabbia può essere scomposta in quattro componenti distinte: (a) l'aggrottamento delle sopracciglia, che rifletterebbe un senso di frustrazione; (b) l'aggressività nei confronti dell'agente che ha provocato la rabbia, talvolta manifestata contraendo la bocca così da mostrare i denti; (c) la determinazione a compiere un'azione spiacevole, espressa generalmente dalle labbra socchiuse; infine, (d) il sollevamento delle palpebre, finalizzato all'ampliamento del campo visivo.

Ortony e Turner riconoscono come le condizioni (a-d) siano frequentemente co-occorrenti. Tuttavia, anziché reificarle postulando un'emozione di base, Ortony e Turner propongono di addebitare queste frequenti co-occorrenze al fatto che i fattori elicитanti delle singole condizioni (a-d) siano spesso co-occorrenti: per esempio, le condizioni ambientali che indurrebbero frustrazione, e dunque aggrottamento di sopracciglia (a), sarebbero spesso accompagnate dalla disposizione ad aggredire un eventuale responsabile di questa frustrazione (b).

In ogni caso, per quanto frequenti, queste co-occorrenze non sarebbero necessarie: in effetti, il sollevamento delle palpebre (d) si manifesta anche in presenza di altri stati emotivi (come lo stupore) e, d'altra parte, alcune espressioni facciali tipicamente classificate come rabbia presentano un abbassamento anziché un sollevamento delle palpebre.

Dal canto suo, Ekman riconosce che due occorrenze della stessa emozione di base possono manifestare caratteristiche differenti. Tuttavia, la sua soluzione è quella di definire le emozioni di base non già come singoli stati affettivi definiti univocamente, quanto piuttosto come «famiglia di stati correlati»,¹²

ammettendo così alcune variazioni rispetto all'emozione di base «prototipica».

Ciò che mi interessa porre in evidenza in questa vicenda non è tanto il merito della teoria delle emozioni di base, quanto piuttosto il metodo con cui viene sostenuta da Ekman e avversata da Ortony e Turner. Dei nove criteri proposti da Ekman per giustificare l'autonomia della categoria «emozione di base», sette sono basati su un'uniformità di risposte comportamentali (1, 2, 5-9), uno sulle regolarità nelle condizioni elicitanti (4), mentre soltanto uno fa appello a *pattern* di attivazione neurale comuni (3). Parimenti, anche l'articolo di Ortony e Turner discute primariamente di dati comportamentali.

Per ragioni di necessità più che di principio,¹³ questa discussione si svolge ancora secondo i canoni della psicologia funzionalista: l'identificazione degli stati mentali avviene in base alla loro funzione nel mediare tra stimoli esterni e comportamento osservabile e la battaglia per i loro confini si combatte pertanto a suon di dati comportamentali. Tuttavia, proprio in quegli anni prendeva avvio la cosiddetta *espansione verticale* delle scienze cognitive,¹⁴ catalizzata soprattutto dallo sviluppo delle tecniche di neuroimmagine funzionale emodinamiche,¹⁵ che avrebbe rinvigorito le interazioni tra lo studio della mente a quello del cervello. Un quarto di secolo più tardi, il dibattito sulle emozioni di base continua a imperversare, ma il panorama del campo di battaglia appare profondamente mutato: come espresso incisivamente da Scarantino, «il Santo Graal delle odierne neuroscienze delle emozioni è [diventata] la ricerca di circuiti neurali distinti corrispondenti alle diverse emozioni».¹⁶

Anche se nuove evidenze comportamentali vengono ancora prodotte (e le vecchie vengono reinterpretate), la discussione intorno a queste migra vieppiù ai margini del campo di battaglia. Di contro, l'esistenza di uno specifico *pattern* di attivazione neurale correlato con ogni specifica categoria emotiva diventa il principale baluardo da difendere per i teorici delle emozioni di base, ed è su

questo che si concentra infatti l'assedio di alcuni detrattori della teoria.

Tra le schiere degli assediati negli ultimi dieci anni merita (e ha infatti ottenuto) particolare attenzione la posizione di Lisa Feldman Barrett e dei suoi colleghi. A detta loro, le categorie postulate dai teorici delle emozioni di base – per lo più mutate dalla psicologia del senso comune – non costituiscono dei buoni *generi naturali* (ossia, semplificando: le unità atomiche dell'ontologia), quanto piuttosto dei costrutti psicologici che emergono grazie a un'interpretazione concettuale di fenomeni psicologici a grana più fine.¹⁷

Le evidenze più forti contro le emozioni di base provengono dagli articoli di meta-analisi condotti dal gruppo di Barrett.¹⁸ Basandosi su numerosi articoli di neuroscienze delle emozioni, questi due studi di meta-analisi evidenziano un'attivazione comune di molte aree cerebrali durante vari tipi di processi emotivi, piuttosto che attivazioni localizzate in locazioni specifiche per ogni emozione di base. L'assenza di una correlazione selettiva tra l'occorrenza di una (presunta) emozione di base e una specifica area neurale è interpretata dagli autori come evidenza a sfavore della teoria delle emozioni di base,¹⁹ laddove la teoria costruzionista di Barrett, che postula più esplicitamente l'interazione di vari processi a grana più fine, fornirebbe una cornice interpretativa più adeguata.

■ Obiettivi e presupposti della neuroscienza cognitiva

Dal momento che ambisce a fornire una spiegazione integrata del funzionamento della mente e di quello del cervello, la neuroscienza cognitiva deve rendere conto della relazione tra le entità dell'ontologia della psicologia cognitiva (le funzioni mentali) e delle neuroscienze (le strutture neurali che le implementano).

Benché taluni potrebbero ritenerlo eccessivamente semplicistico e/o ambizioso, molti neuroscienziati cognitivi sono disposti ad accogliere – perlomeno come orizzonte teorico

– la proposta di Cathy Price e Karl Friston:

ciò di cui abbiamo bisogno è una definizione sistematica delle relazioni struttura-funzione tale che le strutture predicano le funzioni e le funzioni predicano le strutture.²⁰

Secondo questa formulazione, un'ontologia neurocognitiva²¹ completa dovrà constare (anche) di:

- a) Un'ontologia delle funzioni cognitive F che descriva tutte le operazioni della mente ($f_1, f_2 \dots f_n$);
- b) Un'ontologia delle strutture neurali S che descriva tutte le parti del cervello ($s_1, s_2 \dots s_n$);
- c) Una corrispondenza biunivoca tra ogni elemento di F e ogni elemento di S ($f_i \leftrightarrow s_1, f_2 \leftrightarrow s_2 \dots f_n \leftrightarrow s_n$).²²

Prima di passare all'esame delle strategie che i neuroscienziati cognitivi possono attuare per avvicinarsi a questa teoria completa (nel prossimo paragrafo), è opportuno discutere brevemente i presupposti da sottoscrivere per perseguire quest'agenda.

- A) È possibile e sensato rendere conto del funzionamento della mente scomponendola in funzioni cognitive distinte;²³
- B) È possibile e sensato scomporre il cervello in strutture neurali distinte;
- C) È possibile tracciare una corrispondenza biunivoca tra funzioni cognitive e strutture neurali.

Diversi autori hanno sollevato dubbi sulla legittimità di una o più di queste assunzioni. Nel discuterle, come ci accingiamo a fare, è utile distinguere tra due tipi di atteggiamenti scettici:

► Uno scetticismo *di principio*, che nega la

possibilità che la mente possa essere scomposta in funzioni cognitive distinte, che il cervello possa essere scomposto in strutture neurali distinte o che tra le une e le altre si possano rinvenire delle corrispondenze uno-a-uno (dunque rifiuta A, B o C).

- Uno scetticismo *revisionista*, che ammette A, B e C, ma ritiene che le scomposizioni proposte sino ad ora siano insoddisfacenti e dunque da revisionare.

Si noti che, almeno in linea di principio, adottare una certa forma di scetticismo rispetto alle funzioni cognitive non comporta l'adozione dello stesso scetticismo nei confronti delle strutture neurali – e viceversa.

■ Obiezioni e contro-obiezioni all'assunto A

Lo stesso Fodor, nel definire la nozione di modulo cognitivo, la riteneva applicabile ai soli sistemi periferici (percettivi e motori) – laddove i sistemi di elaborazione centrale dell'informazione non potevano che essere “isotropici e quineani”.²⁴

A questo tipo di preoccupazioni si potrebbe obiettare che, a ben vedere, neppure le funzioni cognitive “di basso livello” sono così semplici e così circoscritte a specifiche aree cerebrali come si pensava in un primo momento. Cionondimeno, la nostra conoscenza su queste ultime è progredita incredibilmente.²⁵ Pertanto, se la differenza tra funzioni “di basso” e “di alto livello” fosse effettivamente soltanto una questione di gradi di complessità, c'è ragione di essere ottimisti rispetto alla possibilità di indagare fecondamente le seconde applicando gli stessi metodi impiegati con le prime.²⁶

■ Obiezioni e contro-obiezioni all'assunto B

Nessuno mette in dubbio che il cervello, essendo un oggetto fisico, sia divisibile in *parti*: se non lo fosse non esisterebbero le autopsie, gli atlanti neuroanatomici e il fritto misto alla piemontese (la cui ricetta classica

comprende delle porzioni di cervella bovine). E tuttavia la tesi B non richiede semplicemente che il cervello sia divisibile in *parti* secondo qualsivoglia criterio. Quando parlano di suddividere il cervello in *strutture*, i neuroscienziati cognitivi non hanno in mente una divisione che segua qualsivoglia criterio (per esempio, quello del cuoco piemontese) – quanto piuttosto una suddivisione che isoli (concettualmente) talune popolazioni neurali accomunata da una comune rilevanza funzionale.

Più che negare la possibilità di suddividere il cervello in strutture, comunque, le critiche più pungenti alla tesi B obiettano che non esista una suddivisione scientificamente *sensata*, suggerendo che ogni scomposizione sufficientemente accurata da risultare informativa restituirebbe una mappa così intricata e interconnessa da diventare inutile come strumento per orientarsi. Una premessa scettica che sovente prelude all'invito ad adottare un approccio olistico.

Un esempio noto è un articolo in cui van Orden e Paap²⁷ negano che gli studi sottrattivi effettuati con la PET possano dire alcunché di rilevante sul cervello, poiché l'approccio sottrattivo a essi sotteso dovrebbe postulare la non esistenza di relazioni causali dinamiche; ma la neuroanatomia ci rivela che il cervello è un sistema complesso le cui parte sono talmente interconnesse che «ciascun componente influenza ogni altro componente, al punto che il loro contributo indipendente non può essere distinto dal comportamento globale». ²⁸

Tuttavia, anche se un *singolo* studio di neuroimmagine è incapace di fare luce sulle complesse reazioni causali “a cascata” che avvengono nel cervello, il quadro cambia se si considera la possibilità di triangolare molti studi, approfittando anche delle prospettive di osservazione complementari rappresentate dalle numerose tecniche d'indagine complementari di cui dispongono le neuroscienze cognitive.²⁹

Un'altra linea scettica potrebbe investire il tipo di entità da includere nell'ontologia neurale: è infatti ragionevole sostenere che

l'accento vada spostato dall'anatomia alla fisiologia, concentrandosi cioè non tanto sulle strutture neurali quanto sui processi che queste implementano. Anche in questo caso tuttavia la critica non sembra sufficiente a motivare uno scetticismo di principio, ma caso mai sollecita una revisione della nozione di struttura neurale. Eventualmente, la nozione di struttura neurale potrà (e forse dovrà) essere sostituita da una nozione che tenga maggiormente conto della fisiologia, quale appunto quella di processo neurale – anche se durante il presente articolo continueremo a parlare di strutture neurali al fine di conformarci all'uso comune.³⁰

■ Ci sono ottime ragioni per rifiutare l'assunto C...

Durante la gestazione della scienza cognitiva classica, l'argomento della realizzabilità multipla (d'ora in poi RM) ha costituito la principale obiezione contro l'identità di tipo tra stati mentali e stati fisici (cerebrali), sgomberando così il campo alla formulazione della teoria funzionalista³¹ e quindi alla rivendicazione dell'autonomia della psicologia dalla neurobiologia.³²

Sebbene le formulazioni classiche della RM facciano perno sull'identificazione tra stati mentali a fronte di supporti fisici profondamente diversi (cervelli umani, cervelli di animali non umani, "cervelli" in silicio ...), successivamente alcuni pensatori ne hanno esplorato una versione più radicale: quella per cui certi (tipi di) stati mentali possano essere realizzati da (tipi di) stati cerebrali differenti persino entro la stessa specie, se non addirittura entro lo stesso individuo in diverse fasi della sua vita.³³ Scriveva Horgan nel 1993:

La realizzabilità multipla può persino iniziare sotto casa. Per quel che sappiamo (e sottolineo che a ben vedere *non* lo sappiamo), gli stati mentali intenzionali che ci attribuiamo l'un l'altro potrebbero rivelarsi multirealizzabili al livello di descrizione neurobiologico, *persino negli esseri*

umani; invero, addirittura nei singoli esseri umani; anzi, addirittura in un singolo essere umano *data la struttura del suo sistema nervoso centrale in uno specifico momento della sua vita*.³⁴

Se all'inizio degli anni '90 la conoscenza sui rapporti tra mente e cervello era ancora così "acerba" da far sentire Horgan in dovere di specificare che non sappiamo se ci siano stati mentali multirealizzabili, pochi anni dopo un'ipotesi pressoché identica venne formulata in seno alle stesse neuroscienze cognitive da ricercatori autorevoli, tra cui il premio Nobel Gerald Edelman.³⁵ A loro avviso, il cervello umano presenta una caratteristica comune in molti sistemi biologici: la presenza di fenomeni di *degenerazione* (*Degeneracy*), ossia «la capacità di elementi strutturalmente differenti di svolgere la stessa funzione o produrre lo stesso output».³⁶

Un esempio da manuale di funzione degenerata si riscontra nella neuropsicologia della lettura. A partire dal lavoro di Marshall e Newcombe,³⁷ la maggior parte dei ricercatori ritiene che la lettura di una stringa di caratteri possa avvenire seguendo diverse "vie": una via lessicale

specifica per le parole conosciute, [che] opera attraverso un processo di mappatura diretta fra le caratteristiche visive della stringa di lettere, effettuato da un meccanismo di analisi visiva che identifica le singole lettere che compongono la parola e ne riconosce la posizione all'interno della stringa e la rappresentazione lessicale, precedentemente immagazzinata, a essa corrispondente;³⁸

oppure una via sub-lessicale,

in grado di leggere parole nuove, mai viste prima, o non parole e che sia quindi in grado di ricodificare fonologicamente stringhe di lettere [...] utilizza[ndo] regole astratte di conversione scritto-suono, che permettono di tradurre le informazioni

grafemiche della stringa scritta nel corrispondente codice fonologico, senza un passaggio attraverso il sistema semantico.³⁹

Sembrerebbe insomma che la neuroscienza cognitiva non abbia fatto “evaporare” la RM, come scommettevano Bechtel e Mundale,⁴⁰ ma nemmeno ne sia stata compromessa, come pronosticava Fodor.⁴¹ Più modestamente, i neuroscienziati hanno accettato la sfida della RM riconoscendo la presenza di funzioni degenerate e proponendo dei protocolli per individuarle e studiarle.⁴² Come se non bastasse, la neuroscienza cognitiva ha fatto emergere un’ulteriore difficoltà per dubitare dell’assunto C, per cui «è possibile tracciare una corrispondenza biunivoca tra funzioni cognitive e strutture neurali». Molte strutture neurali sembrano infatti presentare il fenomeno speculare alla degenerazione delle funzioni, che sovente si accompagna a esso: quello della pluripotenzialità (*pluripotency*) delle strutture, che «si riferisce a una relazione struttura-funzione uno-a-molti, in cui la stessa configurazione strutturale può svolgere multiple funzioni».⁴³ Molte strutture neurali tradizionalmente associate a una singola funzione cognitiva si sono rivelate invece pluripotenti. Per citare solo un paio di esempi:

► Storicamente, l’area di Broca è stata a lungo considerata l’area del (la produzione del) linguaggio.⁴⁴ Tuttavia, diversi studi ne hanno testimoniato l’attivazione in compiti di programmazione motoria, *sequencing* delle azioni, riconoscimento delle azioni, immaginazione dei movimenti, e imitazione delle azioni.⁴⁵ In un articolo metodologico che sarebbe poi divenuto celebre, per mettere in guardia dai rischi dell’inferenza inversa (ossia, data l’attivazione di una certa struttura neurale, inferire l’attivazione di una funzione cognitiva che si considera a essa correlata) Russell Poldrack⁴⁶ mostrò come, esaminando gli studi allora presenti sul database aperto BrainMap,⁴⁷ l’area di Broca⁴⁸ risultava scarsamente selettiva per i compiti di na-

tura linguistica.

► Benché l’attivazione dell’amigdala sia tradizionalmente associata alla paura e all’ansia, la stessa struttura sembra reclutata anche durante il processamento di altri stimoli emotigeni e non emotigeni.⁴⁹

L’abbondanza di casi come questi ha indotto molti ricercatori a sospettare che la pluripotenzialità sia una regola, piuttosto che un’eccezione, per le strutture neurali. Per spiegare come mai la pluripotenzialità sia così pervasiva, al punto da sembrare una regola più che un’eccezione, Micheal Anderson ha difeso l’*ipotesi del reimpiego massiccio*, che ne spiega la plausibilità anche in termini evuzionistici: al fine di implementare nuove funzioni, sfruttare strutture preesistenti è evolutivamente più economico che evolvere strutture dedicate.⁵⁰

Prima di ascrivere la pluripotenzialità a una struttura è bene accertarsi che la porzione di cervello a cui ci stiamo riferendo non comprenda al suo interno due o più strutture distinte. Questo sembra per esempio accadere per quanto concerne entrambe le strutture discusse poco sopra: sia l’area di Broca che l’amigdala sono infatti scomponibili in strutture piuttosto diverse tra loro sotto i profili della citoarchitettura, della connettività nonché della funzione.⁵¹

La possibilità di effettuare queste distinzioni può scontrarsi con i limiti di risoluzione spaziale legati alle tecniche di indagine del cervello: basti pensare che un *voxel* nella fMRI può contenere più di 5 milioni di neuroni – benché esistano alcuni paradigmi sperimentali che potrebbero permettere di distinguere popolazioni neurali co-localizzate.⁵²

■ ... ma ci sono anche ragioni per tenersi stretto l’assunto C

Nonostante le considerazioni appena discusse, ci sono alcune ragioni per resistere alla tentazione di sbarazzarsi dell’assunto C (che postula l’esistenza di corrispondenze

biunivoche tra specifiche funzioni cognitive e specifiche strutture neurali).

La prima ragione è che questo vincolo reciproco tra neuroscienze e psicologia rappresenta un'utilissima risorsa per limitare il problema della sottodeterminazione delle teorie (ne parliamo nella prossima sottosezione). Una seconda ragione ha a che fare con la maggiore capacità predittiva. Secondo Price e Friston infatti, in una buona ontologia neurocognitiva

la funzione dovrebbe essere predetta dall'attivazione anatomica e viceversa l'attivazione anatomica dovrebbe predire la funzione. Questo potrebbe essere operazionalizzato con una funzione di costo che riflette l'errore predittivo nel passare dalla funzione alla struttura e viceversa.⁵³

A ogni modo, questi argomenti ci spiegano *perché* l'assunto è desiderabile. E tuttavia, pur ammettendo che trovare delle corrispondenze uno-a-uno sia una ragione sufficiente per giustificare la ricerca, non è certo una ragione sufficiente per motivare la credenza che ciò sia possibile; perché questa ricerca sia plausibile occorre spiegare come mai tra le entità postulate dalle odierne ontologie cognitive e neurale sembrano vigere tipicamente corrispondenze del tipo molti-a-molti.

La risposta breve è la seguente: se le entità postulate dalle nostre ontologie cognitive e neurale odierne non ci permettono di trovare corrispondenze biunivoche, *tanto peggio* per le nostre ontologie odierne. Accettando la sfida di quello che abbiamo chiamato "scetticismo revisionista", la neuroscienza cognitiva scommette sulla possibilità di emendare le nostre ontologie in modo che convergano, fino a "fonderle" in un'unica ontologia neurocognitiva.

Tuttavia, poiché ambisce a dar conto del comportamento osservabile, la neuroscienza cognitiva dovrà assumerlo come *explanandum*, spiegandolo attraverso entità appartenenti a un'ontologia cognitiva più sofisticata.⁵⁴ Il quadro di ontologia neurocognitiva dovrebb-

be perciò rendere conto dei rapporti tra tre livelli, approssimativamente comparabili ai tre livelli di analisi postulati da Marr:⁵⁵

1. Il livello dei *compiti cognitivi*, le cui entità sono comportamenti osservabili a livello personale, definibili in base a input e output;
2. Il livello delle *funzioni cognitive*, le cui entità sono processi inosservabili che avvengono a livello sub-personale, postulati in base al ruolo che svolgono nel mediare tra input e output;
3. Il livello delle *strutture neurali*, le cui entità sono porzioni del sistema nervoso accomunate da una qualche valenza funzionale.

Entro questa cornice concettuale, la RM si darebbe non già tra il livello delle funzioni e il livello delle strutture, bensì tra il livello dei compiti e quello delle funzioni: i vincoli posti da uno stesso compito potrebbero essere soddisfatti da diverse combinazioni di funzioni (vedi *fig. 1*).

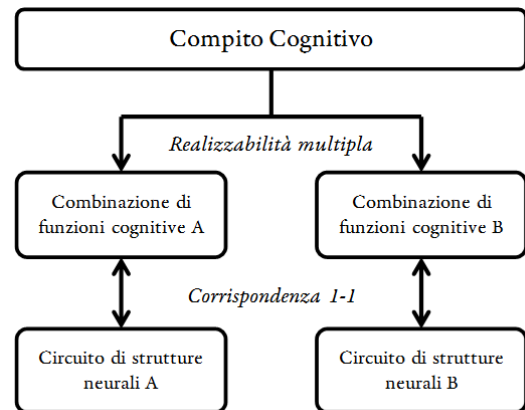


Figura 1

Si pensi al compito cognitivo della lettura, descritto in precedenza. Volendo fornire una definizione sufficientemente ampia, possiamo dire che

leggere ad alta voce =_{def} decodificare dei

simboli scritti (*input*) producendo i suoni corrispettivi (*output*).

Ora, questo compito può essere realizzato attraverso diverse combinazioni di funzioni cognitive: per esempio, sfruttando la via lessicale oppure sfruttando la via sub-lessicale.⁵⁶ A ogni combinazione di funzioni cognitive corrisponderà l'attivazione di specifiche strutture neurali.

La flessibilità di questa cornice permette di rendere conto di come certi pazienti che hanno subito lesioni cerebrali focali riescano a svolgere gli stessi compiti cognitivi nonostante i danni grazie alla riorganizzazione funzionale. Inoltre, una cornice siffatta avrebbe il pregio di accogliere senza fatica anche l'ipotesi della mente estesa, ovvero: che certe prestazioni cognitive possano essere realizzati da supporti materiali non neurali.⁵⁷

Nell'articolo inaugurale di questo dibattito, questa ipotesi è presentata attraverso un esperimento mentale in una persona sana, Inga, e un uomo affetto da Alzheimer, Otto, sono alle prese con uno stesso compito cognitivo di tipo mnemonico: ricordarsi che il museo di arte moderna si trova sulla 53° strada. Laddove Inga fa affidamento sulla sua memoria spaziale, Otto,

come molti pazienti affetti da Alzheimer, si affida alle informazioni ambientali per aiutarsi a strutturare la sua vita. In particolare, Otto porta con sé un taccuino ovunque vada. Quando ha bisogno di qualche informazione, la cerca nel taccuino. Per Otto, il taccuino svolge lo stesso ruolo svolto tipicamente da una memoria biologica.⁵⁸

Nei termini della tripartizione sopra discussa, Otto e Inga svolgono lo stesso compito, ricorrendo a due diverse strategie. Nel caso di Inga si tratterà di un semplice processo mnemonico, che recluta i circuiti neurali associati alla memoria spaziale. Nel caso di Otto, diversamente, si dovrà fare affidamento sulla "memoria" del taccuino così come anche su una serie di funzioni cognitive atte a recuperare l'informazione (che comprende-

ranno processi visuali, di lettura, di manipolazione delle pagine del taccuino), coinvolgendo le corrispettive basi materiali extra-neurali (il taccuino) e neurali (i circuiti che implementano gli adeguati processi visuali, di lettura, motori).

Si potrebbe obiettare che questo espediente, piuttosto che risolvere molti dei problemi associati alla RM, si limita a spostarli per così dire "un gradino più su". L'obiezione è corretta, ma non fatale: ci dice solamente che una neuroscienza cognitiva matura dovrebbe assumersi la responsabilità di spiegare come (e fino a che punto) certi compiti cognitivi siano multirealizzabili da diverse combinazioni di funzioni cognitive, ognuno correlato a specifiche strutture.

Nella pratica, l'assunzione di quest'onere si traduce – tanto per cominciare – in una rinnovata attenzione alla costruzione dei compiti sperimentali: contemplata la possibilità che questi siano realizzabili attraverso diverse combinazioni di funzioni, i ricercatori dovrebbero adottare dei controlli rigidi per discernerele.

■ Ulteriori assunzioni

Così come le abbiamo formulate, le assunzioni A, B e C non sono ancora sufficienti per caratterizzare appieno l'agenda di ricerca che vogliamo discutere.

Per capire cosa manca sarà utile esaminare l'argomento scettico di Loosemore e Harley.⁵⁹ Loosemore e Harley, in quanto psicologi cognitivi, accettano A⁶⁰ e non sollevano obiezioni contro B. Tuttavia, professando uno scetticismo revisionista nei confronti della mente («non disponiamo ancora di un'ontologia cognitiva definitiva»), ne derivano che la ricerca dei correlati neurali (C) sia prematura e vada posposta a una fase successiva della storia della scienza cognitiva – dopo che *gli strumenti della scienza cognitiva classica* (test comportamentali e simulazioni) ci avranno mostrato quali sono le funzioni corrette di cui cercare i correlati. Quello che Loosemore e Harley sembrano negare è dun-

que un ulteriore presupposto:

D) l'esistenza di una struttura neurale corrispondente è una condizione necessaria perché qualcosa conti come funzione cognitiva,

che è speculare a un presupposto meno evidente ma parimenti importante:

E) l'esistenza di una funzione cognitiva corrispondente è una condizione necessaria perché qualcosa conti come una struttura neurale.⁶¹

In altre parole, pur ammettendo la possibilità di trovare correlazioni *a posteriori* tra funzioni cognitive e strutture neurali, Loosemore e Harley negano che queste possano essere ipotizzate *a priori*. E tuttavia accettare D (e al contempo E) permette e anzi impone all'ontologia cognitiva di co-evolvere con l'ontologia cerebrale, dotando la neuroscienza cognitiva di una potente strategia euristica per *filtrare* alcune teorie (anche se non tutte),⁶² che potrebbero essere altrimenti sotto-determinate dai soli dati comportamentali.⁶³

■ Il successo empirico vale più di mille argomenti

Anche se nella faretra degli argomenti a disposizione della neuroscienza cognitiva ci sono molte frecce per rispondere agli scettici, nessuna di queste frecce teoriche potrà *dimostrare* la fondatezza dei presupposti A-E. Più che tesi vere e proprie della quale discutere la fondatezza, queste vanno intese come ipotesi di lavoro la cui ragionevolezza sarà misurata dal grado di successo che produrranno.⁶⁴ Il meglio che possiamo fare è, quindi,

assumere che queste ipotesi di lavoro siano vere e vedere quanto progrediamo. La speranza è che, se sono vere, le interpretazioni dei risultati empirici convergeranno verso un corpus teorico "coerente" [...] Di contro, se le ipotesi di lavoro sono false, non emergerà nessuna coerenza, e non

vedremo alcun progresso. Per dirla in modo semplice, l'assunzione – e il paradigma – regge o crolla in base al suo successo; per dirla in modo scherzoso, lo scopriremo solo vivendo [nell'originale *the proof of the pudding is in the eating*].⁶⁵

■ Il pellegrinaggio verso una teoria neuro-cognitiva completa: due strategie

Come anticipato nell'apertura dello scorso paragrafo, accettando i presupposti dell'agenda sopra delineata i neuroscienziati cognitivi si impegnano a emendare le ontologie oggi esistenti fino a raggiungere un'ontologia integrata che soddisfi i seguenti *desiderata*:

- a) Un'ontologia delle funzioni cognitive F che descriva tutte le operazioni della mente ($f_1, f_2, \dots, f_n$);
- b) Un'ontologia delle strutture neurali S che descriva tutte le parti del cervello ($s_1, s_2, \dots, s_n$);
- c) Una corrispondenza biunivoca tra ogni elemento di F e ogni elemento di S ($f_i \leftrightarrow s_1, f_2 \leftrightarrow s_2, \dots, f_n \leftrightarrow s_n$).

Chiunque abbia familiarità con la letteratura odierna sa bene quante sfide vadano ancora fronteggiate per colmare il *gap* tra la teoria ideale e le teorie più mature di cui disponiamo attualmente.

Per menzionarne solo alcune: primo, più che un'ontologia cognitiva univocamente accettata con un insieme ben definito di funzioni, il panorama della ricerca è lottizzato da modelli alternativi di scomposizione della mente; secondo, queste scomposizioni sono spesso condizionate dal compito sperimentale di partenza, col risultato che al momento della localizzazione una stessa area cerebrale si vede attribuire numerose funzioni;⁶⁶ terzo, a causa di diversi problemi, quali per esempio la plasticità cerebrale e le differenze inter-individuali (tanto neuroanatomiche quanto comportamentali), non è chiaro fino a che

punto e con quali strategie si possano generalizzare funzioni e strutture.⁶⁷

Sembra dunque del tutto ragionevole assumere quello che ho definito *scetticismo revisionista* – che a conti fatti non significa altro che constatare come la neuroscienza cognitiva sia ancora una scienza acerba, e la sua ontologia – anzi, a questo stadio è meglio dire: le sue ontologie – siano da intendersi come provvisorie.

Chiediamoci allora come sia possibile farle progredire. Innanzitutto esaminerò la possibilità e le modalità di riforma della nostra ontologia cognitiva. Infine, farò luce sull'ultima di queste possibilità, che è stata sfruttata molto più spesso di quanto non si pensi: quella di rivedere la nostra ontologia delle strutture neurali.

■ L'ontologia cognitiva

La necessità di una riforma dell'ontologia cognitiva è stata presentata in modo particolarmente efficace da un esperimento mentale elaborato da Russell Poldrack:⁶⁸

Immaginiamo che la fMRI sia stata inventata negli anni '60 dell'Ottocento anziché negli anni '90. Invece di essere basati sulla moderna psicologia cognitiva, gli studi di neuroimmagine sarebbero stati basati sulla psicologia delle facoltà di Thomas Reid e Douglas Steward, che fornirono le “facoltà” mentali che Gall e i frenologi cercarono di mappare nel cervello. I ricercatori sarebbero presumibilmente passati dalla frenologia alla fMRI e avrebbero svolto degli esperimenti manipolando l'attivazione di particolare facoltà mentali o esaminando le differenze individuali nella forza delle facoltà. Quasi di certo avrebbero trovato regioni cerebrali regolarmente attivate quando si attiva una determinata facoltà mentale, e potenzialmente avrebbero anche trovato regioni in cui l'attività correlasse con la forza di ogni facoltà tra i vari soggetti.⁶⁹

Tuttavia, l'esperimento mentale non si ferma alla mera enunciazione: in una tabella

all'interno dell'articolo, Poldrack cita infatti una corposa serie di studi di neuroimmagine contemporanei mostrando come potrebbero essere usati per suffragare (quasi) tutte le 27 facoltà postulate da Gall. Tuttavia, a differenza di quanto avviene per altri autori,⁷⁰ il paragone con la frenologia non è invocato per alimentare uno scetticismo di principio volto a condannare *in toto* la neuroscienza cognitiva, quanto piuttosto per enfatizzare l'urgenza di una revisione sistematica dell'ontologia cognitiva.

Ovviamente, i neuroscienziati cognitivi (e prima di loro, psicologi e neuropsicologi cognitivi) hanno da sempre rimesso in discussione l'ontologia delle entità mentali. Oltre alla summenzionata psicologia delle emozioni, si pensi alla storia della neurolinguistica: laddove i primi modelli del diciannovesimo secolo postulavano un'architettura neurale del linguaggio organizzata intorno alla dicotomia produzione-comprensione, successivamente – complici le interazioni con la linguistica – ha preso piede una scomposizione funzionale ispirata ai livelli di analisi propri della linguistica (fonologia, morfosintassi, semantica, pragmatica).⁷¹

Tuttavia, solo negli ultimi anni la neuroscienza cognitiva ha preso coscienza di questa strategia, tematizzandola in modo esplicito e sistematico.⁷² Oltre ai già citati Price e Friston e Poldrack,⁷³ anche il neurolinguista Poeppel⁷⁴ insiste esplicitamente sull'urgenza di compilare «una lista esaustiva delle rappresentazioni e delle operazioni mentali elementari»,⁷⁵ che, alludendo allo *Human Connectome* (italiano “connettoma” – la mappa di tutte le connessioni nel cervello)⁷⁶ battezza *human cognome* – ma che possiamo considerare sinonimo di ontologia cognitiva.

Questa esigenza non è rimasta confinata alle mere dichiarazioni di principio. Guardando all'evoluzione della ricerca neurocognitiva, Colin Klein⁷⁷ riscontra una transizione, a suo dire ragionevole, da un approccio “localizzazionistico” (volto alla ricerca di quali aree del cervello rispondano a una determinata funzione) a un approccio che chiama “validazionista” (in cui l'esistenza

della funzione postulata viene validata verificando che essa dia luogo con regolarità a *pattern* di attivazione neurale discriminabili dagli altri). Il lavoro che meglio incarna questo approccio è la meta-analisi condotta da Lenartowicz e colleghi,⁷⁸ condotta con il preciso obiettivo di vagliare la robustezza di alcuni costrutti nel dominio delle funzioni cognitive (“cognitive control,” “response inhibition,” “task switching,” e “working memory”).

Basandosi su un'elaborazione dei dati di BrainMap (<http://www.brainmap.org/>), i ricercatori hanno verificato che tutti i costrutti presentano *pattern* di attivazione ben discriminabili dai *pattern* associati a un compito di controllo (i *pattern* dei compiti etichettati come “bilingual language”), ma che i *pattern* associati ai compiti di “task switching” sono scarsamente discriminabili da quelli di altri compiti. Pertanto, suggeriscono che il concetto di “task switching” vada espunto dalla nostra ontologia cognitiva.

E tuttavia se si vuole perseguire fino in fondo l'agenda di ricerca delineata nei paragrafi precedenti, occorrerà trovare un *set* di funzioni cognitive tale da disinnescare il problema della pluripotenzialità: occorre cioè attribuire a ogni struttura neurale *una e una sola funzione*, capace di rendere conto una volta per tutte del ruolo svolto da quella struttura anche entro domini cognitivi molto differenti. Rathkopf propone di “prendere il toro per le corna” e definire la funzione di una data area cerebrale in modo universale, indipendente dal dominio cognitivo, mirando a una definizione a grana molto fine della forma: «la funzione dell'area cerebrale A è di trasformare il segnale S in maniera ψ ».⁷⁹

Pur avendo il merito di soddisfare appieno il *desideratum* C (corrispondenze uno-a-uno tra strutture e funzioni), una soluzione così radicale pone un paio di problemi. Primo, un problema metafisico: attribuire etichette sulla base di considerazioni essenzialmente neurobiologiche, senza alcuna idea di come queste si riconnettano alle entità mentali della psicologia del senso comune, ci potrebbe condurre all'esito contro-intuitivo di

negare la realtà della mente (o perlomeno, della mente così come rappresentata dal senso comune).⁸⁰

A ogni modo, esistono varie ragioni per ridimensionare la portata di questo problema: forse, come suggerisce Bermúdez,⁸¹ la psicologia del senso comune non è davvero così indispensabile per la nostra vita quotidiana. Inoltre, è possibile che non sia totalmente monolitica e inemendabile, ma possa riorganizzarsi anche a fronte delle sollecitazioni provenienti dalla psicologia scientifica.⁸² Infine, nella scena filosofica si stanno affermando diverse proposte metafisiche, riconducibili all'etichetta del naturalismo liberalizzato,⁸³ che riconoscono dignità ontologica tanto alle entità postulate dalle scienze quanto a quelle postulate dal senso comune.

Per i revisionisti radicali à la Rathkopf resta però un secondo problema, di carattere prettamente epistemologico: definire le funzioni di una struttura neurale in modo così astratto da rendere imperscrutabile il loro contributo al comportamento le renderebbe inutili dal punto di vista dell'indagine sulla mente.

Già Price e Friston proponevano una soluzione analoga (seppur forse meno radicale) al problema della pluripotenzialità: per rendere conto degli svariati domini cognitivi in cui si è riscontrata un'attivazione del giro fusiforme posteriore laterale sinistro (PLF), Price e Friston proponevano di attribuirgli un'etichetta funzionale astratta: «integrazione sensomotoria».⁸⁴ Fornire una descrizione tanto astratta e indipendente dal comportamento osservabile, obietta però Klein,⁸⁵ comprometterebbe notevolmente la possibilità dei dati neuroscientifici di vincolare le nostre teorie:

per farla semplice: supponiamo di vedere un'attivazione di PLF, e quindi di sapere che c'è in atto qualche integrazione sensomotoria. È difficile immaginare quale teoria cognitiva possa risultare incompatibile con questa osservazione: a quel livello di astrazione, *ogni* teoria sembra compatibile con l'attivazione di PLF.⁸⁶

■ L'ontologia delle strutture neurali

Parrebbe dunque che una riforma dell'ontologia cognitiva che ambisca ad allinearla alla grana fine delle singole aree cerebrali rischierebbe di allontanarla eccessivamente dal livello del comportamento osservabile, rendendo molto difficile le inferenze cross-dominio tra neuroscienze e psicologia, e mettendo la neuroscienza cognitiva (per lo meno nella versione idealizzata in cui l'abbiamo presentata sinora) sotto scacco.

Non si tratta però di uno scacco matto, poiché la neuroscienza cognitiva ha ancora una carta da giocare: emendare l'ontologia delle strutture neurali. A differenza della revisione dell'ontologia cognitiva, la possibilità di emendare l'ontologia neurale è stata discussa esplicitamente molto di rado⁸⁷ – presumibilmente a causa del fatto che il cervello, a differenza della mente, è un oggetto fisico osservabile.

Tuttavia, la natura fisica di un oggetto, pur ponendovi dei vincoli piuttosto rigidi, non determina univocamente le nostre possibilità di scomporlo; ma così come svariate mappe possono suddividere uno stesso territorio in regioni diverse a seconda dei criteri adottati per tracciare i confini, anche la parcellizzazione del cervello in strutture può avvenire – ed è infatti avvenuta – secondo molteplici criteri.⁸⁸ Per questa ragione, nel definire il secondo *desideratum* della nostra agenda di ricerca non ho parlato di *aree/regioni* cerebrali (che alludono a regioni spazialmente contigue), ma ho impiegato il termine *strutture neurali*, rimanendo il più possibile agnostico rispetto alla forma e alle caratteristiche che queste strutture dovrebbero avere.

Pur ammettendo che le regioni abbiano una qualche specificità funzionale, Klein⁸⁹ suggerisce di posticipare l'indagine al livello *micro*, invitando i ricercatori a partire dal livello *macro*: quello dei circuiti cerebrali, a cui corrispondono processi cognitivi “complessi”, ovvero: combinazioni di funzioni cognitive (e quindi di attivazioni di strutture cerebrali) di per sé sufficienti a manifestare un

comportamento. Più che lanciare una proposta rivoluzionaria, Klein⁹⁰ fotografa una tendenza della ricerca odierna dell'ultimo decennio, giustificandone i presupposti. Già sei anni fa, Bressler e Menon⁹¹ asserivano:

Benché si sia ritenuto a lungo che le funzioni cognitive fossero attribuibili alle operazioni isolate delle singole aree cerebrali, dimostreremo che l'evidenza empirica sia oggi in favore dell'idea che la cognizione resulti dall'interazione dinamica di aree cerebrali distinte che operano in larghi circuiti.⁹²

Guardando all'evolversi delle pratiche di ricerca nell'ultimo decennio, questo spostamento di attenzione dall'attività delle singole aree a quella dei circuiti neurali distribuiti nell'intero cervello si riscontra nella diffusione di nuove tecniche di analisi dei dati e nuove tecnologie volte a mappare non tanto l'attività metabolica delle singole regioni (come facevano PET e fMRI) quanto piuttosto i loro profili di *connettività funzionale* (co-attivazione regolare di certe aree nello stesso momento)⁹³ e di *connettività strutturale* (l'esistenza di connessioni anatomiche dirette tra queste aree; si veda il progetto *connettoma*).⁹⁴

Quali che siano state le ragioni che l'abbiano promosso, il *salto gestaltico* che ha spostato l'attenzione dalle singole aree/funzioni atomiche verso il piano macroscopico dei circuiti si è rivelato proficuo dal punto di vista epistemico. Osservando il *pattern* di attività dell'intero cervello anziché l'attività delle singole aree, i ricercatori stanno affinando l'accuratezza predittiva delle inferenze inverse. Oggi, grazie anche a sofisticate tecniche di *machine learning*, è possibile “leggere la mente” – ovvero: predire l'occorrenza di un dato tipo di processi cognitivi – a partire da (una serie di) *pattern* di attivazione neurale.⁹⁵

Nell'ottica di quest'attenzione alle strutture macroscopiche, i sostenitori della teoria delle emozioni di base sono nella condizione di controbattere ai convincenti argomenti dei collaboratori di Feldman Barrett che, lo ricor-

diamo, avevano dato per spacciate le teorie delle emozioni di base a fronte dell'impossibilità di correlare ciascuna di queste emozioni con una singola *area cerebrale*.

Come però nota Scarantino⁹⁶ nel commentare la meta-analisi di Lindquist e colleghi,⁹⁷ nulla costringe la teoria delle emozioni di base a impegnarsi alle corrispondenze uno-a-uno tra emozioni e *aree cerebrali*: accontentandosi di una correlazione al livello *macro*, per riabilitare la teoria delle emozioni di base basta provare una correlazione regolare e selettiva tra ciascuna di queste e un dato *pattern* di attivazioni neurali. In effetti, è proprio questo il risultato che emerge dalla meta-analisi condotta da Vytal e Hamann,⁹⁸ basata su 83 studi di PET e fMRI pubblicati dal 1993 al 2008: ogni emozione di base correla con *pattern* di attivazioni regolari e discriminabili dalle altre emozioni di base, interessando peraltro aree cerebrali piuttosto diverse.

Dal canto loro, Lindquist e colleghi⁹⁹ invitano i commentatori a distinguere «tra un circuito innato [*hard-wired*], anatomico e un circuito dinamico funzionale generato sul momento durante l'esperienza o la percezione emotiva»;¹⁰⁰ ulteriori studi neuroanatomici rivelerebbero come il tipo di correlazioni rinvenute da Vytal e Hamann siano da ascrivere alla seconda categoria, supportando quindi al massimo una versione indebolita della teoria delle emozioni di base. In altre parole, pur accettando lo slittamento verso il livello macro per l'ontologia neurale, Lindquist e colleghi vi pongono un requisito in più: perché un pattern conti come struttura neurale, la *connettività funzionale* dovrà essere radicata in una *connettività strutturale*.

A ben vedere, la neuroscienza ha da sempre plasmato la propria ontologia sulla scorta delle sollecitazioni della psicologia. Non è implausibile sostenere che, sino ad oggi, l'ontologia delle neuroscienze, più che plasmare l'ontologia della psicologia, ne sia stata plasmata.

La pensa così lo storico della psicologia Gary Hatfield,¹⁰¹ che invita a constatare come l'indice del più autorevole e diffuso manuale di neuroscienze denoti un'organizzazione per

capitoli fortemente influenzata dalle categorie psicologiche.¹⁰² Un esempio meno ovvio di questo influsso è l'area di Broca. Con le trancianti parole di Peter Hagoort:

da un punto di vista neuroanatomico, sembrerebbero [...] non esserci buone ragioni per trattare l'area di Broca come un genere naturale. Non c'è (ancora) nessuna evidenza neuroanatomica convincente, motivata da un punto di vista citoarchitettonico e di architettura dei recettori, per considerare le aree di Brodmann 44 e 45 come un'area unificata.¹⁰³

È ragionevole pensare che il principale tra i fattori che hanno concorso a determinare i confini della porzione di corteccia che oggi chiamiamo "area di Broca" sia stato il ruolo *funzionale* (cognitivo) attribuitogli dal suo "scopritore"; di conseguenza, quella che oggi viene considerata tipicamente un'etichetta neuroanatomica sarebbe in realtà determinata in larga parte da considerazioni psicologiche.¹⁰⁴

Addirittura, secondo Philip Haueis¹⁰⁵ l'influsso della psicologia sulle neuroscienze nella definizione dell'ontologia delle strutture neurali starebbe impedendo di "incontrare il cervello alle sue condizioni", impedendoci di apprezzare forme di organizzazione genuinamente neuroanatomica che prescindano da un qualche scopo funzionale. Pertanto, così come Fodor¹⁰⁶ aveva difeso l'autonomia della psicologia dalle neuroscienze, Haueis rivendica una neuroscienza autonoma dalla psicologia.

In particolare, viste le possibilità d'indagine dischiuse dagli ultimissimi anni di sviluppo tecnologico, auspica che la connettomica possa far luce sui principi di organizzazione delle strutture cerebrali a livello mesoscopico senza lasciarsi porre pregiudiziali di tipo cognitivo – ovvero, senza scartare

quei risultati che sono *incompatibili* con la nostra precedente comprensione di certe interazioni di neuroni, aree e circuiti come "condizioni causalmente necessarie" per le capacità mentali.¹⁰⁷

■ Implicazioni per una storia della neuroscienza cognitiva

Nel riferirmi alla neuroscienza cognitiva, ho impiegato fino a ora l'espressione volutamente generica "agenda di ricerca". Volendola inquadrare in uno schema un po' più tecnico, la discussione svolta finora si potrebbe definire nei termini di un programma di ricerca lakatosiano.¹⁰⁸

Secondo Lakatos, ogni programma di ricerca è caratterizzato da (a) un *nucleo centrale*, che comprende le proposizioni irrinunciabili per quel programma di ricerca; (b) una *cintura protettiva*, che indica le proposizioni ausiliarie che il programma di ricerca è disposto a negoziare; (c) un'*euristica negativa*, che banalmente vieta di toccare il nucleo centrale, deflettendo eventuali falsificazioni verso la cintura protettiva; (d) un'*euristica positiva*, che suggerisce come modificare la cintura protettiva.

Focalizzandomi unicamente sulla sua ontologia, precedentemente ho indicato le seguenti tre proposizioni come costituenti del nucleo centrale della neuroscienza cognitiva:

- A) È possibile e sensato rendere conto del funzionamento della mente scomponendola in funzioni cognitive distinte;
- B) È possibile e sensato scomporre in cervello in strutture neurali distinte;
- C) È possibile tracciare una corrispondenza biunivoca tra funzioni cognitive e strutture neurali.

Discutendo gli argomenti scettici riguardo a ciascuna di queste assunzioni, ho cercato di mostrare come la neuroscienza cognitiva possa sfuggirne, ammettendo però che la plausibilità del nucleo centrale non può essere dimostrata per via teoretica, ma vada sostanzialmente "ipotecata" fino a che il successo empirico non permetterà di rivendicarne gli assunti. In altre parole, la neuroscienza cognitiva invoca un'*euristica negativa* che "blin-

da" dogmaticamente gli assunti A-C, addomesticando gli scetticismi di principio ("una ontologia neurocognitiva corretta non esiste o non è attingibile"), fino a ridurli a scetticismi revisionisti ("l'ontologia corretta non è quella di cui disponiamo").

In questo quadro, le odierne ontologie di psicologia e neuroscienza svolgono il ruolo di *cinture protettive*, fungendo da bersaglio per le confutazioni provenienti dall'osservazione empirica e rendendosi disponibili a revisioni e raffinamenti. Tra i principi che guidano i ricercatori in queste revisioni, costituendo così l'*euristica positiva*, ho individuato i seguenti due, particolarmente utili a districarsi tra una selva altrimenti troppo ampia di sviluppi possibili:

- D) l'esistenza di un correlato neurale corrispondente è una condizione necessaria perché qualcosa conti come funzione cognitiva;
- E) l'esistenza di una funzione cognitiva corrispondente è una condizione necessaria perché qualcosa conti come una struttura neurale.

Come anticipato nell'introduzione, lo scopo essenziale di questo articolo è quello di fornire una ricostruzione razionale della neuroscienza cognitiva. Nel farlo, ho sacrificato l'accuratezza storica in favore di idealizzazioni mirate a delineare una versione "forte" dell'agenda di ricerca neurocognitiva.

Molti scienziati e filosofi che lavorano su questi temi considererebbero alcuni passaggi di questa discussione eccessivamente idealizzati; in particolare, molti sono disponibili a indebolire il nucleo centrale sacrificando l'assunto C, ovvero l'esistenza di una corrispondenza biunivoca struttura-funzione.¹⁰⁹ Tuttavia, nella misura in cui si tiene a mente la sua natura astratta e filosofica, questa ricostruzione schematica può vantare alcuni meriti.

Primo, fornisce una cornice concettuale entro cui chi pratica la ricerca neuroscientifica o riflette su di essa può organizzare le sue intuizioni, riepilogando in maniera ordinata

le mosse di cui dispone – e rispolverando la possibilità, talvolta negletta, di revisionare l'ontologia delle strutture neurali. Secondo, enfatizzare quest'ultima possibilità, spesso assente nelle riflessioni dei filosofi e degli scienziati, ridimensiona gli entusiasmi e/o gli allarmismi riguardanti la riduzione della psicologia alle neuroscienze.

Di conseguenza, tale ricostruzione ci suggerisce come raccontare la storia della neuroscienza cognitiva – e come immaginarne il futuro: accantonando i modelli che prevedono una riduzione monodirezionale (l'ontologia neurale determina l'ontologia psicologica),¹¹⁰ così come anche quelli che scongiurano una qualsivoglia interazione,¹¹¹ in favore di modelli storiografici più attenti alla capacità delle due discipline di vincolarsi.¹¹²

Ringraziamenti

L'autore intende ringraziare Paolo Garlasco, Elia Zanin e due revisori anonimi per i preziosi suggerimenti.

Note

¹ H. PUTNAM, *Psychological Predicates*, in: W.H. CAPITAN, D.D. MERRILL (eds.), *Art, Mind, and Religion*, University of Pittsburgh Press, Pittsburgh 1967, pp. 37-48.

² Le espressioni “espansione verticale” ed “espansione orizzontale” si riferiscono a due tendenze che trasfigurano la vocazione della scienza cognitiva negli ultimi anni del Novecento: laddove gli interessi della scienza cognitiva si erano infatti coagulati intorno allo studio dell'intelligenza artificiale (modellando in base ad essa anche la psicologia), l'espansione verticale sanciva una ripresa del dialogo con le neuroscienze, rimettendo in discussione l'indifferenza rispetto al sostrato che implementa i processi cognitivi, mentre l'espansione orizzontale riportava in auge il ruolo dell'ambiente. Le espressioni sono state coniate da W.P. BECHTEL, A. ABRAHAMSEN, G. GRAHAM, *The Life of Cognitive Science*, in: W.P. BECHTEL, G. GRAHAM (eds.), *A Companion to Cognitive Science*, Blackwell, Oxford 1998, pp. 2-104 (trad. it. *Menti, cervelli e calcolatori: storia della scienza cognitiva*, traduzione di M. MARRAFFA, Laterza, Bari 2004).

³ Marconi nel suo libro del 2001 parla *scienza cognitiva* – al singolare – anziché usare il più diffuso *scienze cognitive* – al plurale – per sottolineare come la sua discussione verta soprattutto sulle assunzioni condivise di un programma di ricerca interdisciplinare piuttosto che sul contributo delle singole discipline. Per la stessa ragione, volendo focalizzare l'attenzione sulle assunzioni di un programma di ricerca, in questo articolo parlerò di *neuroscienza cognitiva* al singolare. Cfr. D. MARCONI, *Filosofia e scienza cognitiva*, Laterza, Bari 2001.

⁴ Sono convinto che le tappe più rilevanti della storia della scienza cognitiva – il passaggio dal comportamentismo al cognitivismo e successivamente quello dal cognitivismo classico alla neuroscienza cognitiva – siano da considerarsi come processi di riforma metodologica piuttosto che come rivoluzioni kuhniane. Una lettura analoga è stata data da W.P. BECHTEL, A. ABRAHAMSEN, G. GRAHAM, *The Life of Cognitive Science*, cit.; M. MARRAFFA, *Mutamenti nei fondamenti della scienza cognitiva: una prospettiva riformista*, in: «Giornale Italiano di Psicologia», vol. XXIX, n. 2, 2002, pp. 247-274; M. MARRAFFA, A. PATERNOSTER, *Functions, Levels, and Mechanisms: Explanation in Cognitive Science and its Problems*, in: «Theory and Psychology», vol. XXIII, n. 1, 2012, pp. 22.-45. Per una lettura differente si rimanda invece a W. BOONE, G. PICCININI, *The Cognitive Neuroscience Revolution*, in: «Synthese», vol. CXCI, n. 5, 2015, pp. 1509-1534.

⁵ Si vedano: C. KLEIN, *Neuroimaging senza localizzazione*, in: «Sistemi Intelligenti», vol. XXIII, n.1, 2011, pp. 113-132; M.L. ANDERSON, *Mining the Brain for a New Taxonomy of the Mind*, in: «Philosophy Compass», vol. X, n.1, 2015, pp. 68-77.

⁶ A. PATERNOSTER, *La ricostruzione filosofica della scienza cognitiva: una lente deformante?*, in: «Sistemi Intelligenti», vol. XXIII, n. 1, 2011, pp. 7-24.

⁷ *Ivi*, p. 9.

⁸ P. EKMAN, *An Argument for Basic Emotions*, in: «Cognition & Emotion», vol. VI, n. 3-4, 1992, pp. 169-200.

⁹ C. DARWIN, *The Expression of Emotions in Man and Animals*, John Murray, London 1872.

¹⁰ A. ORTONY, T.J. TURNER, *What's Basic about Basic Emotions?*, in: «Psychological Review», vol. XCVII, n. 3, 1990, pp. 315-331.

¹¹ *Ivi*, p. 322, trad. it. mia.

¹² P. EKMAN, *An Argument for Basic Emotions*, cit., p. 172, trad. it. mia.

¹³ Nè Ekman né Ortony e Turner sembrano con-

dividere le posizioni radicali di pensatori come Fodor sull'autonomia della psicologia dal sostrato neurobiologico (J.A. FODOR, *Special Sciences (or: The Disunity of Science as a Working Hypothesis)*, in: «Synthese», vol. XXVIII, n. 2, 1974, pp. 97-115). Ekman infatti postula che «ci devono essere pattern di attivazione fisiologici *unici* per ogni emozione di base, e questi pattern devono essere specifici di quelle emozioni, non riscontrabili in altre attività» (P. EKMAN, *An Argument for Basic Emotions*, cit., pp. 182-183, corsivo dell'autore, trad. mia), e suppone che le tecniche di neuroimagine in via di sviluppo proprio in quegli anni permetteranno di verificare questa ipotesi. Benché nel loro articolo non ne parlino, anche Ortony e Turner menzionano alcuni studi sui correlati neurali delle emozioni di base, definendoli «tecniche dirette», in opposizione alle tecniche indirette (ma più diffuse) come lo studio delle espressioni facciali delle emozioni.

¹⁴ In merito si veda la nota 2.

¹⁵ R.P. COOPER, T. SHALLICE, *Cognitive Neuroscience: The Troubled Marriage of Cognitive Science and Neuroscience*, in: «Topics in Cognitive Science», vol. II, n. 3, 2010, pp. 398-406.

¹⁶ A. SCARANTINO, *Core Affect and Natural Affective Kinds*, in: «Philosophy of Science», vol. LXXVI, n. 5, 2009, pp. 940-957, citazione a p. 946, trad. it. mia.

¹⁷ L.F. BARRETT, *Are Emotions Natural Kinds?*, in: «Perspectives on Psychological Science», vol. I, n. 1, 2006, pp. 28-58.

¹⁸ H. KOBER, L.F. BARRETT, J. JOSEPH, E. BLISS-MOREAU, K. LINDQUIST, T.D. WAGER, *Functional Grouping and Cortical-subcortical Interactions in Emotion: A meta-analysis of Neuroimaging Studies*, in: «Neuroimage», vol. XLII, n. 22, 2008, pp. 998-1031; K. LINDQUIST, T.D. WAGER, H. KOBER, E. BLISS-MOREAU, L.F. BARRETT, *The Brain Basis of Emotion: A Meta-analytic Review*, in: «Behavioral and Brain Sciences», vol. XXXV, n. 3, 2012, pp. 172-202.

¹⁹ Si noti tuttavia che una meta-analisi condotta da Vytal e Hamann, pur non trovando una corrispondenza tra emozioni di base e specifiche aree neurali, riesce comunque ad abbinare a ogni emozione di base un *pattern* di attivazione globale ben distinto da quello delle altre (K. VYTAL, S. HAMANN, *Neuroimaging Support for Discrete Neural Correlates of Basic Emotions: A Voxel-based Meta-analysis*, in: «Journal of Cognitive Neuroscience», vol. XXII, n. 12, 2012, pp. 2864-2885). Ri-

prenderemo questo punto in seguito.

²⁰ C. PRICE, K. FRISTON, *Functional Ontologies for Cognition: The Systematic Definition of Structure and Function*, in: «Cognitive Neuropsychology», vol. XXII, n. 3-4, 2005, pp. 262-275, citazione a p. 263, trad. it. mia.

²¹ Userò l'aggettivo «neurocognitiva» per riferirmi a un'ontologia che integri l'ontologia delle funzioni cognitive e l'ontologia delle strutture neurali.

²² I tre requisiti sono condizioni necessarie ma non sufficienti per una teoria neurocognitiva esaustiva, in quanto esauriscono solo i compiti tassonomici della neuroscienza cognitiva, lasciando inevaso il compito principale: impiegare questi concetti per formulare leggi o descrizioni meccanicistiche che spieghino i fenomeni noti e permettano di prevederne di nuovi. Si noti inoltre che la corrispondenza biunivoca richiesta dalla condizione (c) non comporta impegni metafisici stringenti. Infatti, per quanto suggerisca un'identità di tipo tra funzioni cognitive e (processi realizzati dalle) strutture neurali, la presenza di una corrispondenza biunivoca è compatibile anche con posizioni metafisiche meno ovvie come, per esempio, il dualismo interazionista, il dualismo delle proprietà, il parallelismo psico-fisico.

²³ Si noti che la tesi (A) è presupposta anche dalla psicologia cognitiva, di cui pertanto eredita una storia di successi e insuccessi.

²⁴ J.A. FODOR, *The Modularity of Mind: An Essay on Faculty Psychology*, The MIT Press, Cambridge (MA) 1983.

²⁵ W.P. BECHTEL, *Decomposing and Localizing Vision: An Exemplar for Cognitive Neuroscience*, in: W.P. BECHTEL, P. MANDIK, J. MUNDAL, R. S. STUFFLEBEAM (eds.), *Philosophy and the Neurosciences: A Reader*, Blackwell, Oxford 2001, pp. 225-249.

²⁶ Per una difesa di questa posizione ottimista, si veda S.F. CAPP, *Le basi neurali delle funzioni cognitive di alto livello: un programma possibile?*, in: «Aesthetics and Philosophy of Experience», vol. IV, 2014, pp. 42-54.

²⁷ G.C. VAN ORDEN, K.R. PAAP, *Functional Neuroimages Fail to Discover Pieces of Mind in the Parts of the Brain*, in: «Philosophy of Science», Supplement, Proceedings of the 1996 Biennial Meetings of the Philosophy of Science Association, Part II: Symposia Papers, Dec., 1997, 1997, pp. S85-S94.

²⁸ G.C. VAN ORDEN, K.R. PAAP, *Functional Neuroimages Fail to Discover Pieces of Mind in the Parts of the Brain*, cit., p. S92.

²⁹ A.L. ROSKIES, *Saving Subtraction: A Reply to Van Orden and Paap*, in: «The British Journal for the Philosophy of Science», vol. LXI, n. 3, 2010, pp. 635-665; W.P. BECHTEL, *Decomposing the Mind-brain: A Long-term Pursuit*, in: «Brain and Mind», vol. III, n. 2, 2002, pp. 229-242.

³⁰ Debbo ringraziare un revisore anonimo che mi ha invitato a prendere sul serio questo dubbio, che ho affrontato e sviluppato in modo più approfondito in M. VIOLA, E. ZANIN, *The Standard Ontological Framework of Cognitive Neuroscience: Some Lessons from Broca's Area*, (in revisione); E. ZANIN, M. VIOLA, *L'area di Broca non è un genere naturale*, (in revisione).

³¹ H. PUTNAM, *Psychological Predicates*, cit.; N.J. BLOCK, J.A. FODOR, *What Psychological States are Not*, in: «The Philosophical Review», vol. LXXXI, n. 2, 1972, pp. 159-181.

³² J.A. FODOR, *Special Sciences*, cit. Le osservazioni esposte nella nota 13, e altre affermazioni simili (per esempio in D. MARR, *Vision: A Computational Investigation into the Human Representation and Processing of Visual Information*, Henry Holt and Co., New York 1982) portano a supporre che l'adesione di molti psicologi al paradigma funzionalista dominante durante la scienza cognitiva sia stata dettata, più che dalla forza degli argomenti filosofici a favore della realizzabilità multipla, da una più prosaica questione di opportunità (l'indisponibilità di tecniche per l'osservazione del funzionamento *in vivo* del cervello). Con le parole di Marraffa: «uno dei principali argomenti a favore del funzionalismo computazionale-rappresentazionale, del modularismo e dell'individualismo era l'assenza di alternative, la constatazione che queste tesi costituivano *the only game in town*» (M. MARRAFFA, *Mutamenti nei fondamenti della scienza cognitiva: una prospettiva riformista*, cit., p. 252, corsivo dell'autore).

³³ R.P. ENDICOTT, *Species-specific Properties and More Narrow Reductive Strategies*, in «Erkenntnis», vol. XXXVIII, n. 3, 1993, pp. 303-321; T. HORGAN, *From Supervenience to Superdupervenience: Meeting the Demands of a Material World*, in: «Mind», vol. CII, n. 408, 1993, pp. 555-586.

³⁴ T. HORGAN, *From Supervenience to Superdupervenience*, cit., p. 308, corsivo dell'autore, trad. it. mia, citato in J. BICKLE, *Multiple Realizability*, in: E.N. ZALTA (ed.) *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Spring 2013, URL: <http://plato.stanford.edu/archives/spr2016/entries/multiple-realizability/>.

³⁵ G. TONONI, O. SPORNS, G. M. EDELMAN,

Measures of Degeneracy and Redundancy in Biological Networks, in: «Proceedings of the National Academy of Sciences», vol. XCVI, n. 6, 1999, pp. 3257-3262; G.M. EDELMAN, J.A. GALLY, *Degeneracy and Complexity in Biological Systems*, in: «Proceedings of the National Academy of Sciences», vol. XCVIII, n. 24, 2001, pp. 13763-13768; C.J. PRICE, K.J. FRISTON, *Degeneracy and Cognitive Anatomy*, in: «Trends in Cognitive Sciences», vol. VI, n. 10, 2002, pp. 416-421.

³⁶ La degenerazione delle funzioni si può riscontrare a tre livelli di osservazione: (I) a livello inter-soggettivo, (II) entro lo stesso soggetto a un dato momento; (III) entro lo stesso soggetto in momenti diversi. Quest'ultimo tipo di degenerazione dà conto della resilienza della corteccia, e si manifesta tipicamente dopo che, a seguito di un qualche danno ad una porzione di corteccia, il cervello va incontro a una riorganizzazione funzionale che permette di vicariare la funzione prima svolta dalla zona lesionata reclutando in sua vece altre aree cerebrali. Una funzione ha un grado n di degenerazione rispetto a un dato livello di osservazione quando ci sono n strutture neurali distinte capaci di implementarla.

³⁷ J.C. MARSHALL, F. NEWCOMBE, *Patterns of Paralexia: A Psycholinguistic Approach*, in: «Journal of Psycholinguistic Research», vol. II, n. 3, 1973, pp. 175-199.

³⁸ G. DENES, *Parlare con la testa*, Zanichelli, Bologna 2009, pp. 140-141.

³⁹ *Ivi*, p. 141.

⁴⁰ W.P. BECHTEL, J. MUNDALÉ, *Multiple Realizability Revisited: Linking Cognitive and Neural States*, in: «Philosophy of Science», vol. LXVI, n. 2, 1999, pp. 175-207.

⁴¹ J.A. FODOR, *Special Sciences*, cit.

⁴² C. FIGDOR, *Neuroscience and the Multiple Realization of Cognitive Functions*, in: «Philosophy of Science», vol. LXXVII, n. 3, 2010, pp. 419-456; U. NOPPENÉY, K.J. FRISTON, C.J. PRICE, *Degenerate Neuronal Systems Sustaining Cognitive Functions*, in: «Journal of Anatomy», vol. CCV, n. 6, 2004, pp. 433-442.

⁴³ *Ivi*, p. 434.

⁴⁴ Si veda per esempio V. BAMBINI, *Neurolinguistics*, in: J.O. ÖSTMAN, J. VERSCHUEREN (eds.), *Handbook of Pragmatics: 2012 Installment*, John Benjamins Publishing Company, Amsterdam 2012, pp. 1-34.

⁴⁵ L'articolo da cui traggio questi esempi, e a cui rimando per la bibliografia correlata a ciascun

compito, è M.L. ANDERSON, *Neural Reuse: A Fundamental Organizational Principle of the Brain*, in: «Behavioral and Brain Sciences», vol. XXXIII, n. 4, 2010, pp. 245-266.

⁴⁶ R.A. POLDRACK, *Can Cognitive Processes be Inferred from Neuroimaging Data?*, in: «Trends in Cognitive Sciences», vol. X, n. 2, 2010, pp. 59-63.

⁴⁷ URL: <<http://www.brain-map.org/>>, sito consultato nel settembre 2005.

⁴⁸ Per essere precisi, siccome il database di Brain-Map richiede come input non già un'area ma delle coordinate all'interno di un atlante neuroanatomico, Poldrack analizzò le attivazioni di una regione di interesse di un cubo di 20mm il cui centro era «un punto nel giro dorsale inferiore sinistro (approssimativamente l'area di Brodmann 44), che era stato identificato da [uno studio autorevole] come attivo durante compiti di processamento sia fonologico che semantico» (R.A. POLDRACK, *Can Cognitive Processes be Inferred from Neuroimaging Data?*, cit., trad. it. mia, p. 62).

⁴⁹ D.A. FITZGRALD, M. ANGSTADT, L.M. JELSONE, P.J. NATHA, K.L. PHAN, *Beyond Threat: Amygdala Reactivity Across Multiple Expressions of Facial Affect*, in: «Neuroimage», vol. XXX, n. 4, 2006, pp. 1441-1448.

⁵⁰ Si veda per esempio M.L. ANDERSON, *The Massive Redeployment Hypothesis and the Functional Topography of the Brain*, in: «Philosophical Psychology», vol. XX, n. 2, 2007, pp. 143-174; M.L. ANDERSON, *Neural Reuse*, cit.

⁵¹ Per quanto concerne l'area di Broca, si vedano per esempio D. EMBICK, D. POEPEL, *Mapping Syntax Using Imaging: Problems and Prospects for the Study of Neurolinguistic Computation*, in: K. BROWN (ed.), *Encyclopedia of Language and Linguistics*, 2nd ed., Elsevier Science, Filadelfia 2005, pp. 484-486; P. HAGOORT, *On Broca, Brain, and Binding: A New Framework*, in: «Trend in Cognitive Sciences», vol. IX, n. 9, 2005, pp. 416-423. Per quanto concerne l'amigdala, un recente lavoro individua nell'amigdala tre cluster caratterizzati da distinti profili funzionali, citoarchitetturici e di connettività: D. BZDOK, A.R. LAIRD, K. ZILLIES, P.T. FOX, S.B. EICKHOFF, *An Investigation of the Structural, Connectional, and Functional Subspecialization in the Human Amygdala*, in: «Human Brain Mapping», vol. XXXIV, n. 12, 2013, pp. 3247-3266.

⁵² Seguendo un suggerimento di Klein (C. KLEIN, *Redeployed Functions versus Spreading Activation: A Potential Confound*, in: «Behavioral and Brain Sciences», vol. XXXIII, n. 4, 2010, pp. 280-281), penso

qui soprattutto alla fMRI adaption proposto da Grill-Spector e colleghi. Si veda per esempio K. GRILL-SPECTOR, R. MALACH, *fMR-adaptation: A Tool for Studying the Functional Properties of Human Cortical Neurons*, in: «Acta Psychologica», vol. CVII, n. 1, 2001, pp. 293-321.

⁵³ C. PRICE, K. FRISTON, *Functional Ontologies for Cognition*, cit., p. 272, trad. it. mia. Per apprezzare l'utilità di questo maggiore potere predittivo, si pensi alla possibilità di combinare in maniera più fluida e accurata strumenti diagnostici neurologici e psichiatrici.

⁵⁴ Cfr. quello che Bermúdez ha chiamato il *problema dell'interfaccia*. J.L. BERMÚDEZ, *Philosophy of Psychology*, Routledge, London 2005; vedi anche L.F. BARRETT, *The Future of Psychology: Connecting Mind to Brain*, in: «Perspectives on Psychological Science», vol. IV, n. 4, 2009, pp. 326-339.

⁵⁵ D. MARR, *Vision*, cit.

⁵⁶ La quantità di combinazioni di processi cognitivi che possono risolvere un determinato compito è determinata dalla granularità della definizione del compito: se per esempio ridefinissimo il compito di lettura ad alta voce aggiungendovi un requisito di comprensione semantica escluderemo la possibilità che la lettura lettera per lettera possa soddisfarlo – anche se forse potrebbe soddisfare il requisito aggiungendo un ulteriore *step*: la ripetizione della parola intera ad alta voce, o perlomeno nel buffer fonologico. Proprio per questa ragione gli scienziati manipolano con cura la definizione dei compiti cognitivi durante gli esperimenti.

⁵⁷ A. CLARK, D. CHALMERS, *The Extended Mind*, in: «Analysis», vol. LVIII, n.1, 1998, pp. 7-19.

⁵⁸ *Ivi*, p. 13, trad. mia.

⁵⁹ Il nucleo dell'articolo di Loosemore e Harley è un ingegnoso esperimento mentale. Loosemore e Harley ridiscutono sette studi di neuroimmagine usati per sostenere altrettante teorie cognitive (e di conseguenza anche le ontologie cognitive presupposte), e dimostrano come tutti e sette sarebbero altrettanto compatibili anche con una teoria cognitiva abbozzata *ad hoc*. Tuttavia, mostrando che i dati neuroscientifici sottodeterminano le teorie cognitive, l'argomento di Loosemore e Harley riesce al massimo a dimostrare che l'esistenza di un correlato neurale non è una condizione *sufficiente* a validare l'esistenza di una categoria cognitiva. R. LOOSEMORE, T. HARLEY, *Brains and Minds: On the Usefulness of Localization Data to Cognitive Psychology*, in: S.J. HANSON, M. BUNZL (eds.), *Founda-*

tional Issues in Human Brain Mapping, The MIT Press, Cambridge (MA) 2010, pp. 172-202.

⁶⁰ In proposito si veda la nota 23.

⁶¹ Ovviamente, l'ontologia neuroscientifica in senso lato (cfr. le neuroscienze molecolari o cellulari) può includere anche strutture neurali non associabili a una specifica funzione cognitiva. L'espressione "struttura neurale" è da intendersi come "struttura neurale rilevante per gli scopi della neuroscienza cognitiva". Quello che il presupposto E sta suggerendo è che la rilevanza funzionale costituisce un criterio necessario per tracciare i confini delle mappe cerebrali.

⁶² In molti casi, l'ulteriore filtro posto dalla coerenza dei *pattern* neurali potrebbe non essere sufficiente a determinare univocamente quali funzioni cognitive siano effettivamente in atto durante un certo processo. Fausto Caruana illustra la sottodeterminazione dell'ontologia cognitiva da parte dei dati neuroscientifici attraverso un ficcante parallelismo con il problema della traduzione radicale sollevato da Quine (W.V.O. QUINE, *Word and Object*, The MIT Press, Cambridge (MA) 1960). Così come il traduttore che, trovandosi di fronte a un coniglio e sentendo un indigeno esclamare "gavagai!", non può determinare esattamente a cosa questi si riferisse (al coniglio? alle gambe del coniglio mentre fuggono?), il neuroscienziato che propone a un soggetto sperimentale un certo stimolo ne ottiene una certa risposta (per es. un *pattern* di attivazione neurale), ma non sa dire a quali funzioni cognitive si riferisca esattamente la risposta – benché successivi test sperimentali possano forse ridurre quest'indeterminatezza (F. CARUANA, *La traduzione radicale dal cervello: Quine e il neuroscienziato*, in: «Rivista di Filosofia», vol. CIV, n. 1, 2013, pp. 77-96).

⁶³ Bechtel e McCauley battezzano questa strategia *teoria euristica dell'identità* (W.P. BECHTEL, R.N. MCCAULEY, *Heuristic Identity Theory (or Back to the Future): The Mind-body Problem Against the Background of Research Strategies in Cognitive Neuroscience*, in: «Proceedings of the 21st annual meeting of the Cognitive Science Society», Erlbaum, Mahwah 1999, pp. 67-72). Per gli scopi del presente articolo non è tuttavia necessario assumere posizione rispetto alla tesi metafisica dell'identità tra stati mentali e stati cerebrali: è sufficiente avere leggi associative che connettono ogni tipo di stato cerebrale (struttura cerebrale) a uno e un solo tipo di stato mentale (funzione cognitiva) – una possibilità che in linea di principio

è compatibile anche nel quadro di un dualismo interazionista (cfr. M.J. NATHAN, G. DEL PINAL, *Mapping the Mind: Bridge Laws and the Psycho-neural Interface*, in: «Synthese», vol. CXCI, n. 2, 2015, pp. 67-72).

⁶⁴ In proposito si veda la nota 23.

⁶⁵ R. HENSON, *What Can Functional Neuroimaging Tell the Experimental Psychologist?*, in: «The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A», vol. LVIII, n. 2, 2005, pp. 193-233. Cfr. anche W.P. BECHTEL, R.N. MCCAULEY, *Heuristic Identity Theory (or Back to the Future)*, cit.).

⁶⁶ C.A. RATHKOPF, *Localization and Intrinsic Function*, in: «Philosophy of Science», vol. LXXX, n. 1, 2013, pp. 1-21.

⁶⁷ Si veda per esempio M. BRETT, I.S. JOHNSRUDE, A.M. OWEN, *The Problem of Functional Localization in the Human Brain*, in: «Nature Reviews Neuroscience», vol. III, n. 3, 2002, pp. 243-249; J.B. POLINE, B. THIRION, A. ROCHE, S. MERIAUX, *Intersubject Variability in fMRI Data: Causes, Consequences, and Related Analysis Strategies*, in: S.J. HANSON, M. BUNZL (eds.), *Foundational Issues in Human Brain Mapping*, The MIT Press, Cambridge (MA) 2010, pp. 173-191; K. AMUNTS, M.J. HAWRYLYCZ, D.C. VAN ESSEN, J.D. VAN HORN, N. HAREL, J.B. POLINE, F. DE MARTINO, J.G. BJAALIE, G. DEHANE-LAMBERTZ, S. DEHANE, P. VALDES-SOSA, B. THIRION, K. ZILLIES, S.L. HILL, M.B. ABRAMS, P.A. TASS, W. VANDUFFEL, A.C. EVANS, S.B. EICKHOFF, *Interoperable Atlases of the Human Brain*, in: «Neuroimage», vol. CXCI, 2014, pp. 525-532.

⁶⁸ R.A. POLDRACK, *Mapping Mental Function to Brain Structure: How Can Cognitive Neuroimaging Succeed?*, in: «Perspectives on Psychological Science», vol. V, n. 6, 2010, pp. 753-761.

⁶⁹ *Ivi*, p. 753, trad. mia.

⁷⁰ In particolare W.R. UTTAL, *The New Phrenology: The Limits of Localizing Cognitive Processes in the Brain*, The MIT Press, Cambridge (MA) 2001.

⁷¹ V. BAMBINI, *Neurolinguistics*, cit.

⁷² Per una rassegna sul tema, si rimanda a M.L. ANDERSON, *Mining the Brain for a New Taxonomy of the Mind*, cit.

⁷³ C. PRICE, K. FRISTON, *Functional Ontologies for Cognition*, cit.; R.A. POLDRACK, *Mapping Mental Function to Brain Structure*, cit.

⁷⁴ D. POEPEL, *The Maps Problem and the Mapping Problem: Two Challenges for a Cognitive Neuroscience of Speech and Language*, in: «Cognitive Neuropsychology», vol. XXIX, n. 1-2, 2012, pp. 34-55.

⁷⁵ *Ivi*, p. 35, trad. it. mia.

⁷⁶ O. SPORNS, G. TONONI, R. KÖTTER, *The Human Connectome: A Structural Description of the Human Brain*, in: «PLoS Computational Biology», vol. I, n. 4, 2005, Art. Nr. e42 – doi: 10.1371/journal.pcbi.0010042.

⁷⁷ C. KLEIN, *Neuroimaging senza localizzazione*, cit.

⁷⁸ A. LENARTOWICZ, D.J. KALAR, E. CONGDON, R.A. POLDRACK, *Towards an Ontology of Cognitive Control*, in: «Topics in Cognitive Science», vol. II, n. 4, 2010, pp. 678-692.

⁷⁹ C.A. RATHKOPF, *Localization and Intrinsic Function*, cit., p. 18, trad. it. mia, corsivo dell'autore.

⁸⁰ M. DI FRANCESCO, *Realismo mentale, naturalismo e scienza cognitiva*, in: M. DE CARO, M. FERRARIS (a cura di), *Bentornata realtà. Il nuovo realismo in discussione*, Giulio Einaudi, Segrate 2012, pp. 207-225.

⁸¹ J.L. BERMÚDEZ, *Philosophy of Psychology*, cit.

⁸² Discutendo dell'impatto della revisione dell'ontologia cognitiva, Anderson scrive: «alcune delle possibili implicazioni di questi approcci possono estendersi, oltre che alla psicologia scientifica, anche alla psicologia del senso comune: abbiamo trovato che i pattern cerebrali durante compiti che coinvolgono l'umore sono molto più simili ai compiti semantici che a qualsiasi pattern osservato durante i compiti emotivi. Dobbiamo concluderne che, contrariamente alla concezione popolare, l'umore non sia un'esperienza emotiva? Sembrerebbe che vorremmo resistere a questa suggestione – ma sembra parimenti chiaro che questo tipo di lavoro ha il potenziale di sfidare alcune nozioni molto ben radicate» (M.L. ANDERSON, *Mining the Brain for a New Taxonomy of the Mind*, cit., p. 74, trad. it. mia).

⁸³ M. DE CARO, *Realism, Common Sense, and Science*, in: «The Monist», vol. CXC VIII, n. 2, 2015, pp. 197-214.

⁸⁴ C. PRICE, K. FRISTON, *Functional Ontologies for Cognition*, cit.

⁸⁵ C. KLEIN, *Cognitive Ontology and Region-versus Network-oriented Analyses*, in: «Philosophy of Science», vol. LXXIX, n. 5, 2012, pp. 952-960.

⁸⁶ C. PRICE, K. FRISTON, *Functional ontologies for cognition*, cit., p. 957, trad. it. mia, corsivo degli autori.

⁸⁷ J. MUNDALE, *Concepts of Localization: Balkanization in the Brain*, in: «Brain and Mind», vol. III, n. 3, 2002, pp. 313-330; J. MUNDALE, *Epistemic Preliminaries: Normative Priorities and Neuropsychological Kinds*, in: «Humana.Mente», vol. XI, 2009, pp.1-9; C. MORABITO, G. GALLONI, M. DELLA ROCCA, *Localizzare nel cervello le funzioni*

cognitive, in: «Rivista Internazionale di Filosofia e Psicologia», vol. IV, n. 2, 2013, pp. 107-115.

⁸⁸ Per ragioni di semplicità, ai fini della presente esposizione mi limito a considerare solo due criteri di individuazione psicologici e neuroscientifici. Occorre però tener presente che anche in seno alle stesse neuroscienze esistono vari criteri, che non sempre danno luogo a mappe sovrapponibili.

⁸⁹ C. KLEIN, *Cognitive Ontology and Region-versus Network-oriented Analyses*, cit.

⁹⁰ C. KLEIN, *Cognitive Ontology and Region-versus Network-oriented Analyses*, cit.; C. KLEIN, *Neuroimaging senza localizzazione*, cit.

⁹¹ S.L. BRESSLER, V. MENON, *Large-scale Brain Networks in Cognition: Emerging Methods and Principles*, in: «Trends in Cognitive Science», vol. XIV, n. 6, 2010, pp. 277-290.

⁹² *Ivi*, abstract, trad. it. mia.

⁹³ K. J. FRISTON, C. D. FRITH, P. F. LIDDLE, R. S. J. FRACKOWIAK, *Functional Connectivity: The Principal-component Analysis of Large (PET) Data Sets*, in: «Journal of Cerebral Blood Flow and Metabolism», vol. XIII, n. 1, 1993, pp. 5-14.

⁹⁴ O. SPORNS, G. TONONI, R. KÖTTER, *The Human Connectome*, cit.

⁹⁵ R.A. POLDRACK, Y.O. HALCHENKO, S. J. HANSON, *Decoding the Large-scale Structure of Brain Function by Classifying Mental States across Individuals*, in: «Psychological Science», vol. XX, n. 11, 2009, pp. 1364-1372; R.A. POLDRACK, *Infering Mental States from Neuroimaging Data: From Reverse Inference to Large-scale Decoding*, in: «Neuron», vol. LXXII, n. 5, 2011, pp. 692-697.

⁹⁶ A. SCARANTINO, *Functional Specialization does not Require a One-to-one Mapping Between Brain Regions and Emotions*, in: «Behavioral and Brain Sciences», vol. XXXV, n. 3, 2012, pp. 161-162.

⁹⁷ K. LINDQUIST, T.D. WAGER, H. KOBER, E. BLISS-MOREAU, L.F. BARRETT, *The Brain Basis of Emotion: A Meta-analytic Review*, cit.

⁹⁸ K. VYTAL, S. HAMANN, *Neuroimaging Support for Discrete Neural Correlates of Basic Emotions: A Voxel-based Meta-Analysis*, cit.

⁹⁹ K. LINDQUIST, T. D. WAGER, E. BLISS-MOREAU, H. KOBER, L. F. BARRETT, *What are Emotions and How are they Created in the Brain?*, in: «Behavioral and Brain Sciences», vol. XXXV, n. 2, 2012, pp. 172-202.

¹⁰⁰ K. LINDQUIST, T. D. WAGER, E. BLISS-MOREAU, H. KOBER, L. F. BARRETT, *What are Emotions and How are they Created in the Brain?*, cit., p. 180, trad. it. mia.

¹⁰¹ G. HATFIELD, *The Brain's "New" Science: Psychology, Neurophysiology, and Constraint*, in: «Philosophy of Science», vol. LXVII, n. 3, 2000, pp. S388-S404.

¹⁰² E.R. KANDEL, H. SCHWARTZ, T. M. JESSELL, *Principles of Neural Science*, 3rd ed., Appleton & Lange, Norwalk 1991. Ai fini della presente discussione vale la pena notare come questo manuale ambisca ad essere un manuale di neuroscienze *tout court*, e non già un manuale di neuroscienza cognitiva.

¹⁰³ P. HAGOORT, *On Broca, Brain, and Binding*, cit., p. 98, trad. it. mia.

¹⁰⁴ Tuttavia, l'attribuzione della funzione che ha motivato la postulazione di un'area di Broca come centro di produzione del linguaggio, prevista dal modello classico, è stata in seguito superata a fronte del suo coinvolgimento in altre funzioni cognitive anche extralinguistiche (cfr. per esempio R.A. POLDRACK, *Can Cognitive Processes be Inferred From Neuroimaging Data?*, cit.). Alcuni pensatori hanno tentato di ricondurre questa (apparente?) pluripotenzialità entro una singola funzione più astratta (P. HAGOORT, *On Broca, Brain, and Binding*, cit.; M. TETTAMANTI, D. WENIGER, *Broca's Area: a Supramodal Hierarchical Processor?*, in: «Cortex», vol. XLII, n. 4, 2006, pp. 491-494). Se tuttavia questi tentativi non dovessero risultare convincenti, raggruppare le aree di Brodmann adiacenti 44 e 45 sotto l'etichetta "area di Broca" sarebbe tanto arbitrario quanto raggruppare qualsiasi altro paio di aree adiacenti; dunque, cosa giustificerebbe la sua permanenza nell'ontologia delle strutture neurali? (si veda M. VIOLA, E. ZANIN, *The Standard Ontological Framework of Cognitive Neuroscience: some lessons from Broca's area*, cit.; E. ZANIN, M. VIOLA, *L'area di Broca non è un genere naturale*, cit.).

¹⁰⁵ P. HAUERIS, *Meeting the Brain on Its Own Terms*, in: «Frontiers in Human Neuroscience», vol. VIII, 2014, Art. Nr. 815 – doi: <http://dx.doi.org/10.3389/fnhum.2014.00815>.

¹⁰⁶ J.A. FODOR, *Special Sciences (or: The Disunity of Science as a Working Hypothesis)*, cit.; J.A. FODOR, *Special Sciences: Still Autonomous after all These Years*, in: «Noûs», vol. XXXI, n. s11, 1997, pp. 149-163.

¹⁰⁷ P. HAUERIS, *Meeting the Brain on Its Own Terms*, p. 3, trad. it. mia, corsivo dell'autore.

¹⁰⁸ I. LAKATOS, *Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes*, in: I. LAKATOS, A. MUSGRAVE (eds.), *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge University Press, Cambridge 1970, pp. 91-196. La scelta di formulare una ricapitolazione della discussione del presente articolo entro la cornice lakatosiana dei programmi di ricerca è dettata da fini meramente espositivi, e non implica nessuna preferenza teorica rispetto a cornici analoghe quali quella dei paradigmi o delle tradizioni di ricerca, proposte rispettivamente da Kuhn e da Laudan (T.S. KUHN, *The Structure of Scientific Revolutions 2nd ed.*, University of Chicago Press, Chicago 1970; L. LAUDAN, *Progress and its Problems: Toward a Theory of Scientific Growth*, University of California Press, Berkeley / Los Angeles 1977).

¹⁰⁹ M.L. ANDERSON, *Neural Reuse*, cit.

¹¹⁰ P.M. CHURCHLAND, *Eliminative Materialism and the Propositional Attitudes*, in: «The Journal of Philosophy», vol. LXXVIII, n. 2, 1981, pp. 67-90; J. BICKLE, *Reducing Mind to Molecular Pathways: Explicating the Reductionism Implicit in Current Cellular and Molecular Neuroscience*, in: «Synthese», vol. CLI, n. 3, 2006, pp. 411-434.

¹¹¹ J.A. FODOR, *Special Sciences (or: The Disunity of Science as a Working Hypothesis)*, cit.

¹¹² W.P. BECHTEL, *Mental Mechanisms: Philosophical Perspectives on Cognitive Neuroscience*, Lawrence Erlbaum Associates, New York 2008; R.N. MCCAULEY, W.P. BECHTEL, *Explanatory Pluralism and Heuristic Identity Theory*, in: «Theory & Psychology», vol. XI, n. 6, 2001, pp. 736-760.