

T E M I

COGNIZIONE INCORPORATA*

di Silvano Zipoli Caiani

ABSTRACT - L'idea che la cognizione sia una forma di elaborazione simbolica, indipendente rispetto alle proprietà del supporto materiale che la implementa, ha dominato lo sviluppo iniziale delle scienze cognitive. Oggi una parte della comunità scientifica e filosofica ritiene che questa prospettiva sia insufficiente o sbagliata, e che le caratteristiche morfologiche e dinamiche del corpo svolgano un ruolo peculiare nella genesi e nello sviluppo dei processi cognitivi. Da qui prendono le mosse una serie di proposte teoriche raccolte sotto la generale etichetta di Embodied Cognition. Scopo di questo contributo è delinearne un panorama.

1. INTRODUZIONE
2. L'ESTABLISHMENT: OVVERO GLI ASSUNTI DEL COGNITIVISMO CLASSICO
 - 2.1 Assunto 1: La cognizione è un processo computazionale
 - 2.2 Assunto 2: La cognizione ha come oggetto rappresentazioni proposizionali
3. I RIBELLI: OVVERO GLI ASSUNTI DELLA COGNIZIONE INCORPORATA
 - 3.1 Assunto 1: La cognizione è radicata nella corporeità
 - 3.2 Assunto 2: La cognizione non ha bisogno di rappresentazioni
 - 3.3 Le fazioni al fronte
4. ZONE CONTROLLATE DAI RIBELLI: OVVERO LE AREE DISCIPLINARI E I TEMI DI RICERCA
 - 4.1 Intelligenza artificiale
 - 4.2 Percezione e azione
 - 4.3 Cognizione sociale
 - 4.4 Cognizione semantica

* Ringrazio Vera Tripodi e la redazione di APhEx per avermi dato l'opportunità di scrivere un contributo su un tema centrale per l'attuale dibattito in filosofia delle scienze cognitive. Ringrazio inoltre Marco Fenici per i preziosi consigli teorici e stilistici. Un ringraziamento, infine, ai due revisori anonimi i cui suggerimenti hanno contribuito a colmare alcune lacune presenti nella prima stesura di questo lavoro. Per tutti i difetti che ciononostante sono presenti nel testo resto io il solo responsabile.

Gli scienziati non mirano neanche, di norma, a inventare nuove teorie,
e anzi spesso si mostrano intolleranti verso quelle inventate da altri.
(Thomas Kuhn, *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, p. 44, Torino, Einaudi, 1999)

1. INTRODUZIONE

Ogni disciplina ha il suo paradigma classico a cui immancabilmente si contrappone una proposta “rivoluzionaria” che ne mette in questione gli assunti fondamentali. Le scienze cognitive non fanno eccezione.

Si è soliti ritenere che la svolta cognitivista avvenuta nella seconda metà dello scorso secolo abbia marginalizzato il ruolo della corporeità, considerando la forma del corpo e le relative possibilità motorie un aspetto secondario rispetto ai processi appartenenti alla cognizione centrale. Oggi, un crescente numero di scienziati e di filosofi ritengono che le caratteristiche corporee svolgano un ruolo peculiare nella genesi e nello sviluppo dei processi cognitivi. Da qui prende le mosse la proposta che passa sotto il nome di *Embodied Cognition* (da ora in poi *cognizione incorporata*).¹

Negli ultimi trent'anni la locuzione cognizione incorporata si è affermata quale etichetta condivisa da una famiglia eterogenea di proposte teoriche e paradigmi sperimentali. Comune ai diversi approcci che vanno sotto questo nome è l'idea che la forma e le capacità motorie ascrivibili a un corpo siano da considerarsi fattori imprescindibili allo sviluppo e al funzionamento di un sistema cognitivo. In particolare, il paradigma della cognizione incorporata enfatizza il ruolo delle possibilità d'interazione con l'ambiente

¹ Prima di procedere oltre occorre una precisazione ad uso dei filosofi che incontrano per la prima volta il dibattito sulla “cognizione incorporata”. Col domandare quale sia il ruolo della corporeità per la cognizione non s'intende qui affrontare il quesito metafisico relativo alla relazione tra mentale e fisico. In questo caso non è in discussione la natura materiale dei processi cognitivi, quanto piuttosto la loro estensione, ovvero la loro definizione in termini di specifiche abilità e proprietà corporee oltre che cerebrali.

associate al possesso di sistemi percettivi e di abilità motorie. Ciò conduce i sostenitori di questa visione a sostenere che la definizione di processi come la percezione, il ragionamento e il linguaggio dipendono, da un punto di vista ontologico ed epistemico, da proprietà corporee collocabili al di là dei confini stabiliti dal sistema nervoso.

Oltre a essere una tesi teorica, il paradigma della cognizione incorporata fa riferimento a numerose evidenze empiriche. Studi sperimentali mostrano il sussistere di una dipendenza tra il possesso di particolari abilità cognitive da parte di un agente e le caratteristiche morfologiche e dinamiche del suo corpo, suggerendo nuovi modi di concettualizzare ed esplorare la natura dei sistemi cognitivi. Quali siano gli elementi di novità introdotti dalla cognizione incorporata e quanto si discostino dal paradigma classico delle scienze cognitive è tema di un'accesa discussione che accomuna settori disciplinari diversi come la psicologia, le neuroscienze, la linguistica e la filosofia.

Nella prima parte di questo contributo fornisco una serie di elementi teorici utili a caratterizzare il fronte della cognizione incorporata. Nella sezione 2, trattandosi di una concezione nata in contrapposizione ad alcuni assunti del cognitivismo classico, riassumo brevemente la teoria della mente rappresentazionale, di gran lunga la tesi dominante nella prima fase delle scienze cognitive. Nella sezione 3 presento gli assunti fondamentali della cognizione incorporata, delineando una contrapposizione uno a uno con le tesi del cognitivismo classico. Inoltre, le sezioni 3.1 e 3.2 definiscono a grandi linee posizioni di critica sia moderate, sia radicali, rispetto al *mainstream* cognitivista.

Il panorama dei sostenitori della cognizione incorporata non è omogeneo, bensì al suo interno si distinguono posizioni e sfumature teoriche diverse. Una breve ricapitolazione di quelle che giudico le principali posizioni impegnate al fronte si trova nella sezione

3.3. Infine, la sezione 4 è dedicata all'analisi degli ambiti di ricerca in cui la cognizione incorporata ha fornito i contributi più interessanti. Non potendo delineare una panoramica completa di tutti i settori in cui sono presenti risultati che hanno a che fare con il paradigma della cognizione incorporata, ho scelto quelli che a mio avviso sono i più rappresentativi.

2. L'ESTABLISHMENT: OVVERO GLI ASSUNTI DELLE SCIENZE COGNITIVE CLASSICHE

Il paradigma della cognizione incorporata nasce e si sviluppa attraverso una contrapposizione, più o meno accentuata, rispetto al paradigma cognitivista classico.² Comprendere l'originalità delle teorie della cognizione incorporata richiede pertanto una breve discussione degli assunti fondamentali che contraddistinguono le scienze cognitive classiche. A tal fine è possibile riassumere il paradigma cognitivista tenendo presenti due assunti fondamentali.

2.1 Assunto 1: *La cognizione è un processo computazionale*

Questo assunto stabilisce la natura sintattica dei processi mentali, ponendo sullo stesso piano un sistema cognitivo e un elaboratore in grado di operare su simboli e trasformare *input* in *output* attraverso l'utilizzo di operatori logici e regole per la loro applicazione. In altre parole, la cognizione è qui assimilata a un calcolo nel quale vengono elaborate stringhe di simboli secondo regole formali definite internamente al sistema cognitivo stesso.

² Un'eccellente introduzione alla storia della "svolta cognitivista" resta ancora il libro di Gardner [1985], si veda anche Piattelli Palmarini [2008].

Se la cognizione è un processo di elaborazione formale, allora una volta stabiliti i simboli, il loro valore semantico e le regole algoritmiche di trasformazione, non ha importanza il supporto materiale che realizza effettivamente i processi cognitivi. Riprendendo l'analogia con l'elaboratore, la cognizione può essere paragonata a un *software* riproducibile attraverso algoritmi equivalenti sullo stesso supporto *hardware*, o addirittura su supporti diversi. In altre parole, l'impostazione computazionale che segna la teoria cognitivista fa sì che lo stesso processo cognitivo possa essere riprodotto in modo diverso su strutture materiali dotate di proprietà diverse, siano queste relative alla specifica natura chimico-fisica del supporto, alla sua forma o alle caratteristiche dinamiche che la contraddistinguono.

2.2 Assunto 2: *La cognizione ha come oggetto rappresentazioni proposizionali*

Questo assunto stabilisce la natura semantica dei processi cognitivi, per cui gli stati oggetto dell'elaborazione sono simboli per la denotazione, la cui combinazione produce strutture rappresentazionali dotate di valore proposizionale. Caratteristica delle rappresentazioni cognitive è pertanto: (i) che gli stati del sistema si riferiscono a entità e proprietà dell'ambiente, (ii) che le loro regole di combinazione preservano le modalità significative, in modo tale che le rappresentazioni complesse possono essere considerate un veicolo d'informazione sull'ambiente in cui il sistema si trova.

Il fatto che i sistemi cognitivi naturali siano in grado, non solo di estrarre informazione sull'ambiente attraverso la percezione, ma di immagazzinarla e generarne di nuova in modo inferenziale ha fatto sì che prevalesse l'idea che la cognizione sia un processo di

arricchimento dell'informazione inizialmente contenuta nello stimolo.³ Tale processo viene generalmente distinto secondo *tre livelli*. Per Marr [1982] è possibile individuare un primo generale livello *computazionale* in cui è definita l'associazione tra lo stato iniziale e lo stato finale che caratterizzano un processo cognitivo. Il secondo livello è quello *algoritmico* in cui sono specificate in modo procedurale le regole che permettono di passare da un uno stato iniziale del sistema (il suo input) a uno stato finale (il suo output). Infine il terzo livello, detto dell'*implementazione*, in cui sono delineate le effettive operazioni materiali che realizzano gli stati e le procedure cognitive.⁴

Dalla combinazione del primo e del secondo assunto segue che la cognizione può essere concepita come un processo di *trasformazione dell'informazione*. Al fine di rendere sperimentalmente operativa una simile definizione, è possibile ipotizzare che agli stati rappresentazionali dell'elaborazione cognitiva corrispondano reali strutture fisiche nel cervello e che alla struttura combinatoria tra le diverse rappresentazioni corrisponda una controparte nella relazioni strutturali tra i diversi stati del cervello [Fodor & Pylyshyn, 1988]. Questo è, di fatto, il principio guida delle contemporanee neuroscienze cognitive. Secondo questa interpretazione la miglior spiegazione del *carattere sistematico* della cognizione va ricercata nel possesso di abilità di tipo computazionale e rappresentazionale. In particolare, secondo il paradigma cognitivista classico i sistemi

³ Si tratta di un'idea già presente nelle opere di von Helmholtz [1867] e divenuta un caposaldo della svolta cognitivista del Novecento a partire dalla celebre recensione di Chomsky [1959] al tentativo di delineare una teoria comportamentista del linguaggio [Skinner, 1957].

⁴ All'interno del panorama delle scienze cognitive le teorie dalla rappresentazione mentale sono molteplici. Il principale contrasto si ha tra le teorie del cognitivismo classico e le teorie connessioniste. Mentre per i teorici del cognitivismo classico e le rappresentazioni mentali sono strutture simboliche semanticamente valutabili [si veda ad esempio, Turing 1950, Fodor e Pylyshyn 1988], per i connessionisti le rappresentazioni mentali sono realizzate da pattern di attivazione in una rete di elementi semplici detti nodi [ad esempio, Rumelhart 1989; Smolensky 1988]. Occorre inoltre menzionare: i *frames* di Minsky [1974], i *modelli mentali* di Johnson-Laird, [1983], gli *stati analogico-computazionali* di Kosslyn [1996]. In tutti questi casi il carattere proposizionale della rappresentazione non è messo in dubbio.

cognitivi possono essere paragonati a procedure algoritmiche per la manipolazione di stati rappresentazionali interni al sistema. Ciò significa che un sistema cognitivo può essere modellato come una macchina di Turing [1950], ovvero come un sistema in grado di passare da uno stato a un altro secondo regole di elaborazione deterministiche, fino al raggiungimento di una condizione finale [Newell & Simon, 1972].

In tutto questo la forma e le proprietà dinamiche del corpo non sembrano avere alcun ruolo peculiare.

3. I RIBELLI: OVVERO GLI ASSUNTI DELLA COGNIZIONE INCORPORATA

La teoria della cognizione incorporata non rappresenta un fronte teorico compatto, piuttosto al suo interno si distinguono approcci molteplici, a volte anche molto diversi tra di loro. Questo rende difficoltosa l'individuazione di caratteristiche definitorie univoche, lasciando sfumati i confini tra le varie proposte che afferiscono alla teoria della cognizione incorporata e quelle che invece sono riconducibili al paradigma cognitivista classico. Ciononostante, è possibile individuare almeno due assunti generali rispetto ai quali le teorie della cognizione incorporata sembrano convergere. Vediamoli in dettaglio.

3.1 Assunto 1: *La cognizione è radicata nella corporeità*

La cognizione non è un'elaborazione computazionale di simboli disincarnati e amodali, bensì dipende strettamente dal supporto corporeo e dal canale percettivo che la istanzia. In contrasto con il paradigma cognitivista, la cognizione incorporata nega che i processi cognitivi siano riducibili *tout court* a processi di tipo algoritmico interni al sistema,

attribuendo alle proprietà morfologiche del corpo e alle sue interazioni con l'ambiente un ruolo determinante nella genesi della cognizione.

Riguardo al ruolo della corporeità nella cognizione esistono almeno due diversi approcci: uno di tipo *epistemico*, in parte compatibile con il cognitivismo classico, l'altro di tipo *costitutivo*, più radicale e incompatibile sotto molti punti di vista con il *mainstream* cognitivista.

approccio epistemico

La tesi epistemica è riassumibile nel seguente modo: è impossibile delineare una scienza dei processi cognitivi senza conoscere le strutture del corpo in cui questi processi sono realizzati [Rowlands, 2010, Shapiro, 2011]. Per esempio, sembra impossibile capire come il cervello possa essere in grado di inferire la direzione di un suono e individuarne la fonte senza tener conto dei fatti per cui: (a) il corpo è dotato di orecchi e di un apparato uditivo che traduce le stimolazioni sonore in segnali nervosi, (b) che gli orecchi si trovano a una certa distanza l'uno dall'altro lungo lo stesso asse orizzontale, (c) che ciò comporta una leggera differenza nei tempi di stimolazione di ciascun orecchio da parte dello stesso stimolo, e infine che (d) questa discrepanza nel tempo di stimolazione può essere impiegata per ottenere informazioni sulla direzione effettiva della sorgente sonora.

Lo stesso argomento può essere applicato alla percezione visiva, in cui la discrepanza prospettica tra le stimolazioni dei due occhi permette di ottenere informazioni riguardo alla profondità spaziale dell'ambiente in cui si muove il sistema.

Secondo l'approccio epistemico ogni tentativo di comprendere l'informazione coinvolta nell'elaborazione cognitiva deve prendere in considerazione il ruolo causale delle

proprietà morfologiche e dinamiche del corpo. Se ci poniamo in un'ottica controfattuale sembra facile immaginare che, se le condizioni corporee fossero diverse, anche l'informazione avrebbe caratteristiche diverse. Pensiamo al caso di un soggetto con un solo orecchio o un solo occhio. In questo caso non ci sarebbero disparità e asimmetrie nei dati a disposizione normalmente impiegati per inferire proprietà della fonte come la sua localizzazione spaziale. Il sistema si troverebbe pertanto nella condizione di dover recuperare tali informazioni attraverso canali sensibili diversi o forme di elaborazione inferenziale diverse.

Si noti che la tesi epistemica riguarda limitatamente la possibilità di comprendere il tipo d'informazione e le modalità di elaborazione implicate nella cognizione, senza che ciò comporti alcun impegno critico riguardo alla natura computazionale e rappresentazionale dei processi cognitivi. In particolare, la tesi epistemica si limita a porre l'attenzione sul ruolo funzionale delle proprietà corporee nella definizione degli input sensibili, negando con questo la possibilità di descrivere la cognizione in base a forme di elaborazione simbolica meramente arbitrarie.

Questo non significa mettere in discussione la natura computazionale e rappresentazionale dei processi cognitivi, quanto piuttosto prefigurarne una correlazione indissolubile con le caratteristiche del corpo in cui i processi sono realizzati. Niente vieta infatti che un sistema cognitivo privo di corpo, poniamo un cervello in una vasca, a cui si forniscano segnali chimici analoghi a quelli prodotti dalla stimolazione di organi di senso in un corpo reale, possa dar luogo a forme di elaborazione identiche a quelle proprie di un cervello collocato in un corpo "in carne e ossa".

La sola adozione di un approccio epistemico non sembra in grado di generare una frattura effettiva con gli assunti del cognitivismo classico, essa si limita piuttosto a porre l'attenzione sui vincoli di natura corporea nella definizione delle informazioni disponibili al sistema.

Per ottenere una divergenza più radicale occorre invece l'adozione di un approccio costitutivo.

approccio costitutivo

Secondo la tesi costitutiva i processi cognitivi non sono limitati alle operazioni istanziate all'interno del sistema cognitivo, ma comprendono più ampie strutture corporee e processi d'interazione con l'ambiente [Lakoff & Johnson, 1999; Noë, 2004; Clark, 2008; Chemero, 2009].⁵ Tali strutture e processi non solo svolgono un ruolo essenziale nella comprensione di un processo cognitivo (come stabilito dall'approccio epistemico), ma sono essi stessi componenti del processo.

Riprendendo l'esempio precedente, elementi morfologici come la distanza tra i due orecchi e la conseguente disparità nei relativi tempi e modi di stimolazione, non sono in questo caso concepiti solo come fattori causali rilevanti per l'esito del processo, bensì sono elementi costitutivi del processo stesso. In particolare, le caratteristiche del corpo non sono concepite come elementi causali, estranei rispetto alla cognizione, quanto piuttosto quali componenti propri del processo cognitivo.

⁵ Il ricorso al termine “costitutivo” e al concetto di “costituzione” intendono in questo contesto sottolineare una identificazione di tipo estensionale della cognizione rispetto a proprietà corporee. In questo caso, infatti, il possesso di peculiari proprietà corporee diviene un elemento distintivo e necessario alla definizione di un sistema cognitivo (si veda più avanti la trattazione del caso del cervello in una vasca).

Questa interpretazione del ruolo della corporeità per la cognizione mette in discussione l'idea che i processi cognitivi siano forme di elaborazione interna che operano su stringhe di simboli amodali. Per questo, diversamente dall'approccio epistemico, l'adozione di una prospettiva costitutiva sancisce una frattura radicale con il paradigma cognitivista, negando la possibilità di forme di cognizione "disincarnata" come quelle esemplificate dall'esperimento mentale del cervello in una vasca.

Una differenza essenziale tra un cervello incorporato e un cervello sospeso in un liquido emerge analizzando i costituenti della cognizione stessa. Mentre nel primo caso il processo cognitivo, poniamo la percezione uditiva, è costituito dalla morfologia e dalle dinamiche d'interazione con l'ambiente proprie del sistema uditivo, nel secondo caso il supporto che istanzia il processo è necessariamente diverso ed esclude il ruolo diretto della corporeità. Questo è quanto basta a un sostenitore dell'approccio costitutivo per parlare di processi realizzati da elementi diversi e pertanto di processi cognitivi diversi.

In definitiva la principale differenza tra approccio epistemico e approccio costitutivo riguarda i confini di ciò che chiamiamo cognizione. Il fatto che le proprietà morfologiche e dinamiche del corpo siano costituenti della cognizione, o semplicemente correlati causali dei processi di elaborazione interna (come nel caso della tesi epistemica) dipende da ciò che siamo disposti ad accettare come cognizione.

Accogliere una visione costitutiva della corporeità per la cognizione significa rinunciare al carattere simbolico-amodale dell'elaborazione, ovvero a uno degli assunti fondamentali del cognitivismo classico (vedi sopra sez. 2). Infatti, definire la cognizione in termini esternisti attraverso le effettive modalità d'interazione sensibile, ponendo al

centro la morfologia e la natura materiale del sistema composto da corporeità e ambiente, comporta l'impossibilità di mantenere l'analogia mente-software.

3.2 Assunto 2: *La cognizione non ha bisogno di rappresentazioni*

Per le teorie della cognizione incorporata la spiegazione dei processi cognitivi non richiede l'attribuzione di rappresentazioni *proposizionali* interne al sistema. La cognizione può essere infatti compresa semplicemente considerando le forme d'interazione motoria che contraddistinguono il sistema nel suo ambiente.

Susan Hurley ha paragonato il modello cognitivista classico a un *sandwich* in cui percezione e azione sono separate dall'elaborazione cognitiva vera e propria che le tiene unite [Hurley, 2001]. Proprio questa concezione che impone un medium tra la percezione e l'azione è il bersaglio della critica anti-rappresentazionalista che accomuna le teorie della cognizione incorporata.

In contrasto con il paradigma cognitivista classico, la cognizione incorporata si discosta dalla tesi rappresentazionalista secondo la quale i processi cognitivi sono analizzabili in termini di singole rappresentazioni proposizionali in entrata (INPUT) e atti motori in uscita (OUTPUT). Diversamente, la cognizione incorporata propone forme di connessione tra abilità sensibili e agenziali che escludono il ruolo di medium proposizionali tra il momento della percezione e quello dell'azione.

Secondo Clark & Toribo [1994], la diffidenza nei confronti di un approccio rappresentazionale ha le sue radici nella critica Heideggeriana al cogito cartesiano. Sebbene non si tratti di un riferimento impiegato da tutti i teorici afferenti al paradigma della cognizione incorporata, occorre notare che come per il "*Dasein*" (esserci)

Heideggeriano, anche le teorie della mente incorporata enfatizzano il ruolo delle pratiche e delle interazioni motorie nella definizione della cognizione [si veda anche Haugeland, 1988]. Diversamente, secondo Chemero [2009], l'atteggiamento anti-rappresentazionalista affonderebbe le proprie radici nella tradizione pragmatista e naturalista americana, e in particolare nei lavori di James e Dewey [si veda anche Heft, 2001].

Come lasciano intravedere le discordanti indicazioni riguardo alla sua origine, l'atteggiamento anti-rappresentazionalista che contraddistingue le teorie della cognizione incorporata si presenta variegato. Anche in questo caso le posizioni in gioco possono essere suddivise in due famiglie: una anti-rappresentazionalista *radicale*, a sua volta distinta a seconda che le motivazioni siano di ordine *metodologico* o *epistemico*; l'altra invece più *moderata* e in parte conciliabile con l'approccio cognitivista classico.

anti-rappresentazionalismo radicale

Secondo la tesi radicale la cognizione non è riducibile alla trasformazione di stati interni dotati di valore semantico. Piuttosto, ogni tentativo di spiegare i processi cognitivi attraverso il riferimento all'elaborazione di rappresentazioni risulta compromesso da un vizio *metodologico* o da un vizio *epistemologico*.

In particolare, secondo i sostenitori di un anti-rappresentazionalismo *metodologico* la spiegazione della cognizione non richiede in alcun caso il ricorso alla postulazione di stati rappresentazionali propri del sistema. Questi sarebbero elementi superflui, la cui introduzione risulta foriera di confusione senza apportare alcun vantaggio esplicativo.

Tra le prime teorie anti-rappresentazionaliste riconducibili al paradigma della cognizione incorporata occorre menzionare l'approccio ecologico alla percezione di

James Gibson [1966, 1979]. La psicologia ecologica si pone in antitesi rispetto all'idea che percepire significhi estrarre informazioni dall'ambiente al fine di costruire mappe mentali in grado di guidare l'esecuzione di azioni. In contrasto con l'approccio computazionale che caratterizza il cognitivismo classico, la teoria di Gibson nega qualsiasi funzione cognitiva all'elaborazione simbolica e alla formazione di rappresentazioni mediate dell'ambiente, attribuendo ai sistemi percettivi la capacità di cogliere direttamente gli oggetti in funzione delle possibilità motorie a essi associate [Michaels & Carelo, 1981].

È in questo contesto che Gibson introduce la nozione di *affordance*, enfatizzando l'immediatezza che contraddistingue la percezione di aspetti salienti legati alle possibilità di azione. In altre parole, il ricorso alla percezione di *affordance* permette di pensare una connessione diretta tra sensibilità e azione, senza ricorrere a processi mediani di elaborazione delle informazioni, ma assumendo che lo schema d'interazione motoria con l'ambiente sia parte integrante dello stimolo percepito [si veda anche Turvey et al., 1981; Shaw et al., 1982]

La tesi anti-rappresentazionalista è oggi confluita in quello che è noto come l'*approccio dinamico* alla cognizione [Chemero, 2009]. Un sistema dinamico è un insieme di parametri quantitativi che variano continuamente in concomitanza e in modo interdipendente nel tempo secondo leggi che possono, in linea di principio, essere descritte da un sistema di equazioni differenziali. Piuttosto che descrivere il modo in cui certi fattori esterni (gli stimoli) causano cambiamenti nello stato interno e nel comportamento del sistema, il modello dinamico descrive il modo in cui il sistema agente-ambiente si evolve nel tempo.

Dire che la cognizione può essere descritta usando un modello dinamico significa considerare la cognizione nel suo insieme come un'interazione sistema-ambiente modellata secondo rigorose leggi meccanicistiche. Questo significa che è possibile descrivere integralmente il comportamento di un agente cognitivo nel suo ambiente allo stesso modo in cui descriviamo l'evolversi nel tempo di qualunque sistema fisico, cioè parametrizzando il sistema e impostando equazioni differenziali in grado di coglierne l'evoluzione [Beer, 2000].

La maggior parte dei difensori di una concezione dinamica sostengono che l'attribuzione di stati rappresentazionali ai sistemi cognitivi è certamente inadeguata. Questo atteggiamento è particolarmente evidente in autori come Van Gelder [1995, 1998], per cui i processi cognitivi possono essere paragonati allo sviluppo dinamico di un regolatore centrifugo (*Watt Governor*), il cui funzionamento è interamente intelligibile facendo riferimento esclusivo a leggi che regolano l'interazione causale tra il sistema e l'ambiente.⁶

Antony Chemero ha ampiamente argomentato a favore della completezza di un approccio non-rappresentazionale alla cognizione. Secondo Chemero un modello dinamico non solo permette di spiegare il comportamento del sistema rispetto al suo ambiente, ma possiede inoltre il vantaggio di rendere facilmente accessibili le predizioni sull'evolversi del sistema, anche rispetto a ipotetiche condizioni controfattuali [Chemero, 2000, 2009].

Una concezione “dinamica” come quella di Chemero ha come conseguenza l'abbandono del modello “meccanicistico” della mente che guida le scienze cognitive

⁶ Per un giudizio diverso riguardo alla funzione rappresentazionale di parti del regolatore centrifugo si veda Bechtel, 1998, p. 303.

classiche e le neuroscienze contemporanee [Bechtel, 2007]. Mentre nel caso del modello cognitivista le facoltà mentali sono spiegate in termini d'interazioni causali tra stati fisici locali interni al sistema (si pensi principalmente agli stati cerebrali) e stati esterni del mondo, il modello dinamico considera l'interazione interno-esterno come un unico sistema che si evolve nel tempo. Ciò comporta un forte ridimensionamento, sia sul piano ontologico che sul piano epistemologico, dell'importanza cognitiva delle funzioni cerebrali, a vantaggio di una visione esternista e anti-localizzazionista in cui la cognizione emerge da un sistema complesso che esula i confini del cervello (si veda più avanti la sezione 3 per i dettagli di alcune tesi esterniste tipiche della cognizione incorporata). Mentre dal punto di vista ontologico la cognizione non può essere identificata con le attività del cervello, dal punto di vista epistemico, il solo riferimento alle attività cerebrali risulta inadeguato a fornire una spiegazione delle facoltà cognitive del soggetto.

Le accezioni di anti-rappresentazionalismo che precedono sono motivate essenzialmente da ragioni di semplicità e opportunismo metodologico. L'anti-rappresentazionalismo che anima il dibattito attorno alle teorie della cognizione incorporata ha prodotto però anche varianti di natura *epistemica*. Tali argomenti sono volti a sottolineare, non solo l'emendabilità di un approccio rappresentazionale, ma la sua stessa implausibilità concettuale. Tra questi occorre segnalare due principali ordini di problemi, quelli legati alla determinazione del *veicolo* rappresentazionale e quelli riguardanti la definizione del *contenuto* espresso dai veicoli stessi.

Il veicolo di una rappresentazione è uno stato fisico dotato di un contenuto. Per esempio, l'immagine della penisola italiana disegnata su una cartina geografica è una

collezione di molecole d'inchiostro che esprime un riferimento al territorio italiano, condizione questa che rende possibile considerare quella porzione di materia una rappresentazione della realtà. Lo stesso dicasi per la parola "Italia", quando scritta o pronunciata in enunciati come "la capitale d'Italia è Roma". Senza un veicolo non c'è nulla che possa supportare l'espressione di un contenuto, e pertanto niente che possa fungere da rappresentazione di qualcos'altro.

Il problema dell'identificazione del contenuto e del veicolo si pone nel momento in cui si cercano stati di un sistema il cui valore semantico non sia il frutto di un'attribuzione arbitraria, come nel caso della cartina geografica, ma sia stabilito indipendentemente dalla funzione del veicolo stesso all'interno del sistema.⁷ La questione si riduce pertanto alla possibilità di isolare porzioni del sistema dotate della *funzione propria* di veicolare contenuti proposizionali concernenti stati di cose esterni o interni al sistema. Mentre per i sistemi cognitivi artificiali il criterio di identificazione delle funzioni dipende dal progetto e dalle loro modalità d'impiego, nel caso di organismi biologici le funzioni associate a parti del sistema possono essere dettate da ragioni di ordine evolutivo [Dretske, 1995; Millikan, 1984].

Recentemente Hutto e Myin [2013], difendendo una versione radicale di cognizione incorporata (in particolare difendono una tesi enattivista, vedi sotto 3.3), hanno sostenuto che la determinazione del contenuto proposizionale espresso da un veicolo presenta una insormontabile resistenza alla naturalizzazione. Secondo Hutto e Myin l'espressione di un contenuto rappresentazionale è logicamente indipendente rispetto alla fondamentale relazione naturale di causa-effetto che regola l'interazione tra stati

⁷ Sulla naturalizzazione della nozione di rappresentazione di vedano in particolare i contributi classici di Dretske [1988] e Fodor [1989].

fisici. Questo implica che nessun valore semantico può essere attribuito a uno stato fisico solo sulla base dalla constatazione che esso si trova in una relazione causale con un altro stato fisico. In particolare, l'assegnazione di un contenuto specifico (intensionale) a un veicolo materiale interno a un sistema risulta sotto-determinata rispetto alle sue interazioni con l'ambiente, rendendo indefinita l'attribuzione di un valore rappresentazionale al sistema stesso.

Inoltre, Beer [2003] e Brooks [1991a, 1991b] sostengono che nei sistemi cognitivi artificiali da loro progettati (si veda più avanti sez. 4.1) non esiste alcun componente che possieda la funzione di veicolare contenuti riguardo a stati dell'ambiente esterno. Pertanto, poiché tali sistemi artificiali non contengono alcuno stato dotato di valore referenziale, il loro funzionamento non può essere spiegato in base all'elaborazione di stati rappresentazionali.

La stessa questione si ripropone anche nel caso di organismi biologici. Da una parte sembra difficile isolare porzioni definite di un organismo in grado di veicolare un preciso contenuto semantico. L'analisi delle tecniche utilizzate dalle neuroscienze ha messo in evidenza numerosi problemi che rendono ambigua o incompleta qualsiasi localizzazione univoca di funzioni cognitive (si veda ad esempio Uttal, 2001). Del resto, la stessa possibilità di stabilire l'esistenza di funzioni semantiche naturali non è un'assunzione pacifica neanche tra i sostenitori di una concezione rappresentazionale (si veda ad esempio il caso particolare di Dennett, 1987).

Anti-rappresentazionalismo moderato

L'anti-rappresentazionalismo radicale mira a escludere il ricorso alla nozione di rappresentazione nella descrizione e nella spiegazione dei processi cognitivi,

enfaticamente il contatto diretto e senza soluzione di continuità tra canali sensibili e abilità motorie del sistema. Naturalmente, se non vi è nulla in un sistema cognitivo che si comporti come il veicolo di un contenuto, allora non c'è bisogno di attribuire una funzione rappresentazionale a tale sistema.

Il vero problema, però, è se un sistema sia effettivamente in grado di fare tutto ciò che sappiamo i sistemi cognitivi naturali sono in grado di fare senza possedere la capacità di veicolare e trasformare informazione. Può un sistema del tutto privo di capacità rappresentazionale acquisire funzioni come quelle legate al linguaggio, al *problem-solving*, alla selezione di opzioni nel prendere una decisione, e all'abilità di imparare dagli errori del passato? In poche parole, può il comportamento intelligente essere descritto e spiegato a prescindere dalla nozione di rappresentazione?⁸

Sebbene il paradigma della cognizione incorporata sia spesso identificato con le sue varianti più radicali e anti-rappresentazionali, esistono scienziati cognitivi disposti ad accettare il primo assunto del paradigma della cognizione incorporata, senza rinunciare all'attribuzione di funzioni rappresentazionali, benché in formato diverso da quello proposizionale. Di fatto, sebbene alcuni scienziati ricorrano alla postulazione di forme di rappresentazione interna al sistema per spiegarne il comportamento, non sempre si tratta di modalità caratterizzate da contenuti proposizionali. Mi riferirò a questi casi collettivamente con l'espressione di *rappresentazioni motorie*.

Le rappresentazioni motorie differiscono dalle rappresentazioni impiegate dal cognitivismo classico in quanto non denotano uno stato di cose in modo neutrale, bensì l'insieme delle possibili azioni motorie che il sistema è in grado di compiere in un dato

⁸ Si veda Piattelli-Palmarini [2008] per un riepilogo del fondamentale ruolo esplicativo della teoria delle rappresentazioni.

momento. In particolare, il contenuto delle rappresentazioni motorie si configura distinto dal contenuto proposizionale in quanto orientato all'azione e non alla descrizione distaccata dell'ambiente. Il ricorso a forme di rappresentazione motoria permette così di aggirare la distinzione tra percezione e azione, radicando le rappresentazioni sensibili direttamente su contenuti di natura motoria (carattere sensorimotorio). Ciò permette di catturare comportamenti efficaci del sistema senza richiedere il ricorso a rappresentazioni amodali del mondo e degli obiettivi del sistema cognitivo.

In altre parole, con la definizione di forme di rappresentazione motoria non è necessario che i sistemi percettivi siano in grado di veicolare una descrizione del mondo in un formato neutrale, e che questa sia a sua volta impiegata dai sistemi adibiti alla produzione di azioni per guidarne il comportamento. Piuttosto, l'informazione elaborata dal sistema risulta fin dall'inizio connotata in termini agenziali e orientata al raggiungimento di uno scopo motorio [si veda: Wheeler, 2005, Goldman, & de Vignemont, 2009; Butterfill, & Sinigaglia, 2012].

Si noti che le rappresentazioni motorie condividono proprietà sia con le rappresentazioni percettive, sia con le rappresentazioni d'azione. Infatti, poiché le rappresentazioni motorie codificano le proprietà visive degli oggetti esse assomigliano a rappresentazioni percettive, o almeno a quelle rappresentazioni percettive che non possiedono contenuto concettuale [Evans, 1982; Heck, 2000; Peacocke, 2001]. Inoltre, poiché le rappresentazioni motorie sono in grado di anticipare lo stato del mondo che avrà luogo con l'esecuzione dell'azione, esse assomigliano a tradizionali rappresentazioni di azioni. La funzione delle rappresentazioni motorie non è però quella

di acquisire conoscenze esplicite circa il mondo, né quella di dirigere esclusivamente il comportamento del soggetto. In effetti le rappresentazioni motorie definiscono uno stato interno del soggetto in cui percezione e azione non possiedono confini precisi [Jeannerod, 2006].

La nozione di rappresentazione motoria ha trovato recentemente supporto anche dalla ricerca in ambito neuroscientifico. A partire dagli studi di Milner e Goodale [1995] [si veda anche Jacob & Jeannerod, 2001] è generalmente riconosciuto che l'elaborazione dell'informazione visiva segue due percorsi distinti nel cervello. Dopo aver raggiunto le aree occipitali l'informazione si divide in una via dorsale e in una via ventrale [Rizzolatti & Matelli, 2003]. La prima collega le zone occipitali alle aree temporali, la seconda si dirige invece verso le aree motorie e frontali del cervello. Mentre alla via ventrale sono assegnati compiti di riconoscimento e concettualizzazione, alla via dorsale si deve la visione per la guida di un'azione in tempo reale. In quest'ultimo caso infatti l'informazione sensibile viene mappata direttamente sulle aree motorie, permettendo così una comprensione dell'ambiente in termini di potenziali atti motori.

Norman [2002] ha sostenuto che questa divisione dei flussi d'informazione visiva richiede a sua volta una divisione di approcci nel modo di concepire le rappresentazioni per la cognizione: un approccio proposizionale che ben si adatta a spiegare l'elaborazione nella via ventrale, e un approccio motorio, non concettuale e non proposizionale, per l'elaborazione nella via dorsale [per una critica si veda Young, 2006]. Secondo questa interpretazione il formato rappresentazionale motorio potrebbe catturare la nostra abilità di interazione con il mondo, mentre il formato proposizionale

spiegherebbe il modo in cui pensiamo e sviluppiamo credenze riguardo all'ambiente che ci circonda (si veda più avanti sez. 4.2 per maggiori dati sperimentali).

3.3 Le fazioni al fronte

Il paradigma della mente incorporata, così come delineato fino a qui, è abbastanza ampio da contenere al suo interno posizioni teoriche diverse. Gli assunti 1 e 2 della cognizione incorporata sono infatti condivisi da concezioni diverse. Oltre alle sopracitate *psicologia ecologica* di Gibson, e alle *teorie dinamiche* come quella di Chemero, in letteratura sono presenti almeno altri tre importanti approcci teorici: l'approccio enattivo alla cognizione (*enactive approach*), la teoria sensorimotoria della percezione (*sensorimotor theory of perception*) e la teoria della mente estesa (*extended mind*). Sebbene tutte implicino un peculiare ruolo cognitivo per la corporeità, ciascuna di esse enfatizza aspetti e conseguenze diverse in vista di una teoria generale della cognizione. Eccone allora un breve, e inevitabilmente parziale, profilo ad uso di una maggiore comprensione del paradigma della cognizione incorporata.

Approccio enattivo alla cognizione

Un primo tentativo di delineare una teoria generale della cognizione in cui la corporeità ricopra un ruolo di primo piano è rappresentato dall'opera di Varela, Thomson e Roch [1991]. Qui l'enfasi sull'interazione tra mondo, cervello e azione costituisce un argomento centrale. Il ricorso al concetto di *enazione* è utilizzato allo scopo di rendere conto del ruolo di tre fattori per la percezione: l'ambiente, la fisiologia dell'organismo e il suo apparato sensorimotorio.

Seguendo la linea adottata da Varela e colleghi le caratteristiche di un agente cognitivo emergono a partire dalle forme d'interazione motoria che questi intrattiene con l'ambiente circostante. Ciò significa che una creatura dotata di certe caratteristiche corporee e motorie darà luogo a forme specifiche di elaborazione cognitiva. A sua volta, la variazione di tali caratteristiche sarà seguita da un cambiamento nelle forme di elaborazione dell'informazione.

In generale, seguendo l'approccio enattivo, la percezione emerge quale risultato di un accoppiamento tra il sistema e il suo ambiente [Thomson & Varela, 2001, Thomson, 2007]. La teoria cognitiva di Varela e colleghi si presenta come una forma radicale di anti-rappresentazionalismo per cui: “la cognizione, invece d'essere la rappresentazione di un mondo pre-dato, è l'evento congiunto di un mondo e di una mente a partire dalla storia delle diverse azioni che compie un essere nel mondo” [Varela et al., 1991, p. 35]. Si prenda per esempio la percezione del colore. La concezione cognitivista classica sostiene che la percezione cromatica dipende dalla sensibilità retinica e da specifiche proprietà della luce riflessa dall'ambiente come, ad esempio, la sua frequenza d'onda. Diversamente l'approccio enattivo suggerisce che sistemi diversi possiedono uno spazio dei colori diverso, non solo in funzione della sensibilità dei loro recettori, ma anche in funzione delle interazioni ambientali di cui sono capaci [Thomson et al., 2002]. L'esperienza percettiva degli organismi naturali non può essere pertanto spiegata solo come risultato della loro predisposizione fisiologica a rappresentare il mondo esterno, bensì richiede il riferimento a una specifica storia evolutiva, alla conformazione dell'ambiente e alle modalità di scambio tra l'organismo e il contesto.

Teoria sensorimotoria della percezione

In continuità con l'opera di Varela e colleghi, Kevin O'Regan e Alva Noë hanno enfatizzato il *carattere motorio* della cognizione sensibile, sebbene in alcuni casi abbiano argomentato in favore di un anti-rappresentazionalismo moderato e non radicale come quello di Varela e colleghi [in part. O'Regan, 2011]. Secondo questo approccio la percezione non va concepita come qualcosa che passivamente accade nell'organismo, bensì come un'attività che l'organismo compie [O'Regan, & Noë, 2001; Noë & O'Regan, 2002; Noë, 2004].

La percezione si delinea come un compito diretto all'ottenimento di uno scopo, il quale richiede la coordinazione degli arti e della testa per il raggiungimento della corretta posizione prospettica. La capacità di percepire l'ambiente non dipende, pertanto, solo dalla disponibilità di organi di senso adeguati, ma anche dal ricorrere di *regolarità sensorimotorie* nell'interazione con l'ambiente [Noë, 2009].

Le regolarità sensorimotorie possono essere concepite come un insieme di regole di co-variazione tra la stimolazione e il movimento. Nell'acquisire abilità percettive gli agenti apprendono a controllare i modi in cui l'informazione sensibile cambia in funzione dei movimenti rispetto all'ambiente. In questo modo, imparando a prevedere l'occorrenza di regolarità sensorimotorie e a orientare il proprio comportamento di conseguenza, gli individui acquisiscono un controllo motorio sulla percezione.

Per O'Regan & Noë [2001] ottenere un'esperienza percettiva può essere paragonato all'abilità di guidare una Porsche. Non esiste alcuna specifica sensazione associata alla guida di una Porsche, essa è semplicemente costituita dall'insieme di movimenti e azioni che servono per guidarla. Allo stesso modo, l'esperienza qualitativa di un oggetto

non presenta alcuna sensazione peculiare, ma è semplicemente costituita dall'insieme di azioni che servono per percepire quell'oggetto [O'Regan, 2010, 2011].

Mente estesa

L'etichetta “mente estesa” è stata introdotta da Clark e Chalmers [1998] per indicare che dall'interazione tra un organismo e l'ambiente circostante emerge un sistema cognitivo a se stante in cui i processi cognitivi travalicano i confini dell'organismo stesso.⁹ La tesi della mente estesa si basa sul *principio di parità* per cui tutti i componenti coinvolti nell'interazione tra organismo e ambiente – siano essi interni o esterni all'organismo – governano congiuntamente e in modo paritario il comportamento dell'organismo stesso. In altre parole, se una parte dell'ambiente esterno all'organismo possiede una funzione tale che, qualora si trovasse nell'organismo, saremmo disposti a considerarla una funzione cognitiva, allora non dovremmo esitare a includerla quale parte propria del processo cognitivo [Clark & Chalmers, 1998, Clark, 2008].

Dall'adozione del principio di parità segue che la cognizione non è qualcosa che avviene entro i confini di un individuo, ma si estende al di fuori di esso, coinvolgendo parti dell'ambiente attraverso le interazioni corporee che questi è in grado di attuare.

Wilson & Clark [2009] sostengono che la teoria della mente estesa sia una conseguenza della cognizione incorporata [si veda anche Clark, 2008]. In particolare, se la percezione è un processo d'interazione tra un organismo dotato di corpo e l'ambiente che lo circonda, tale processo darà luogo a un sistema di relazioni funzionali grazie alle quali

⁹ Esistono altre versioni della teoria della mente estesa oltre a quella di Clark e Chalmers, in particolare Wilson [2004]; Rowlands [1999]. Le differenze tra queste versioni non sono però rilevanti ai fini del generale inquadramento della cognizione incorporata.

le informazioni contenute nell'ambiente sono impiegate nella determinazione del comportamento dell'organismo. Di fatto, le attività d'interazione con l'ambiente (e.g., manipolazione e trasformazione) e le parti di ambiente coinvolte in queste interazioni, divengono elementi del processo di percezione in forza del loro ruolo funzionale, entrando così a far parte di ciò che siamo solitamente disposti a chiamare cognizione (previa assunzione del principio di parità naturalmente).

Si noti che la teoria della mente estesa non presenta in linea di principio alcun contrasto con le tesi della mente rappresentazionale tipiche del cognitivismo classico. In particolare Clark [1996] ha argomentato in favore di un particolare formato rappresentazionale motorio – *action oriented representations* – in cui si hanno simultaneamente una descrizione del mondo e una prescrizione dell'azione possibile. In questo caso il ricorso a una concezione computazionale non è abbandonato, ma la varietà delle rappresentazioni coinvolte è arricchita in modo da catturare il ruolo delle interazioni che costituiscono il sistema ambiente-organismo.

Occorre sottolineare inoltre che la teoria della mente estesa non si limita a sostenere che i processi mentali sono situati in un più ampio contesto ambientale che li rende possibili. Piuttosto, la teoria della mente estesa sostiene che l'ambiente con cui interagiamo *costituisce* ed è parte integrante di alcuni dei nostri processi cognitivi [Rowlands, 2009].¹⁰

¹⁰ È importante introdurre una distinzione tra approcci teorici affini, ma diversi, come la “cognizione situata” (*situated cognition*) e la “cognizione estesa”. Mentre nel primo caso l'enfasi è posta sul ruolo dell'informazione ambientale quale elemento centrale per la cognizione (e.g., Barsalou 2009), nel secondo caso è il ruolo dell'ambiente, in quanto supporto materiale dei processi cognitivi, a essere enfatizzato (e.g., Clark & Chalmers, 1998).

4. ZONE CONTROLLATE DAI RIBELLI: OVVERO LE AREE DISCIPLINARI E I TEMI DI RICERCA

Come già detto, il tema della cognizione incorporata è vasto e teoricamente articolato. Sebbene esistano alcuni assunti generali condivisi, il miglior modo per comprendere quali siano le caratteristiche della cognizione incorporata è dare uno sguardo alle ipotesi e ai risultati della ricerca. Di seguito ecco una breve sintesi dei principali ambiti in cui l'approccio della cognizione incorporata ha fornito interessanti contributi negli ultimi anni.

4.1 Intelligenza artificiale

Uno dei principali obiettivi della ricerca nell'alveo del paradigma della mente incorporata è senz'altro lo sviluppo di sistemi cognitivi artificiali in cui l'elaborazione di simboli amodali sia sostituita da forme di interazione corporea con l'ambiente. In particolare, a partire dalla fine degli anni ottanta dello scorso secolo i lavori di Brooks hanno gettato le basi per la progettazione di forme di elaborazione cognitiva fondate su architetture computazionali in cui non sono previsti stadi rappresentazionali intermedi [Brooks, 1991a, 1991b].

I sistemi prodotti da Brooks sono molto diversi da quelli prodotti secondo il paradigma cognitivo classico. Quest'ultimi contenevano un modello interno [o "rappresentazione"] composto da una serie di descrizioni simboliche dei micro-ambienti per cui erano stati progettati. Questa struttura di simboli doveva essere aggiornata continuamente seguendo i movimenti e le azioni del sistema nell'ambiente. Pertanto i software di programmazione dei robot avrebbero dovuto elaborare un'enorme mole di simboli e

processi computazionali a cui era necessariamente dedicata una grande quantità di tempo e di risorse energetiche.

Diversamente, secondo Brooks, la possibilità di sviluppare forme d'intelligenza artificiale passa dalla costruzione di sistemi-agenti che operano in ambienti dinamici e che utilizzano sensori reali. Lo sviluppo di sistemi in grado di rappresentarsi internamente l'ambiente in modo adeguato ed esaustivo, oltre a essere impossibile da ottenere, non è affatto una tappa obbligata verso la definizione di sistemi in grado di interagire in modo competente con il mondo. Il progetto di Brooks di riprodurre forme di intelligenza artificiale in grado di percepire l'ambiente senza ricorrere a rappresentazioni interne si basa sull'assunto per cui la cognizione è governata direttamente dall'interazione corporea con il mondo.

Uno dei primi sistemi sviluppati da Brooks è stato "Genghis", un robot dotato di sei arti meccanici per la deambulazione e di sei sensori di calore. Il comportamento di Genghis è regolato da un numero limitato di piccoli programmi paralleli, alcuni dei quali dedicati al movimento e al mantenimento dell'equilibrio in risposta ai cambiamenti di conformazione del terreno, altri dedicati a stabilire le risposte agli stimoli ambientali e agli ostacoli. Una volta che i sensori rilevano la presenza di una fonte di calore Genghis si dirige verso di essa, questo senza alcuna determinazione dell'effettiva natura della fonte. Il comportamento di Genghis non si basa su una pianificazione interna della traiettoria o su una mappa dettagliata dell'ambiente, piuttosto il suo modo di agire risulta emergere da un complesso sistema di riflessi motori e di risposte ambientali.

Come nel caso di Genghis, nei sistemi artificiali pensati da Brooks un'azione compiuta dall'agente innesca un cambiamento nel mondo che può essere percepito attraverso i

sensori del sistema. Ciò causa a sua volta l'azione successiva senza che questa sia stata pianificata attraverso un'elaborazione di tipo algoritmico e proposizionale. In particolare, le azioni dell'agente risultano determinate di volta in volta dall'interazione causale tra i sistemi percettivi e la conformazione dell'ambiente circostante, senza che ciò richieda l'impiego di mappe o regole interne di computazione. Il sistema non produce alcuna rappresentazione dell'ambiente in cui si muove, ma si limita a rispondere agli stimoli che questo genera sul suo apparato percettivo. La conformazione del corpo e le relative possibilità d'interazione con l'ambiente, diventano così un elemento sufficiente alla spiegazione del suo comportamento.

I robot di Brooks rappresentano un valido esempio di cognizione incorporata in quanto, secondo lo stesso Brooks, possiedono una percezione *diretta* dell'ambiente in funzione della forma e delle possibilità dinamiche del corpo di cui sono dotati. Le macchine di Brooks non ricorrono a descrizioni astratte del mondo precedentemente fornite da un programmatore, bensì il loro comportamento è interamente regolato attraverso un sistema di feedback dinamici. Per ottenere un simile risultato Brooks sostituisce l'architettura standard *sens-model-plan-act* con quella che lui chiama un'architettura di sussunzione (*subsunsion architecture*) [Brooks, 1991a].

Questo tipo di architettura evita di scomporre il sistema di controllo del robot in componenti che trasmettono rappresentazioni lungo il classico percorso che inizia con la sensazione, passa attraverso la modellazione algoritmica e termina dando luogo al comportamento. Il risultato finale è un robot basato su reazioni di tipo prettamente comportamentale. Ogni strato all'interno del sistema di controllo produce infatti un particolare comportamento in risposta all'attività dei sistemi sensori, e poiché ogni strato

ha il potere di inibire o ignorare gli altri strati, il comportamento che emerge dagli strati combinati è sorprendentemente coerente e versatile. Piuttosto che basarsi su rappresentazioni interne dell'ambiente, le creature di Brooks usano il mondo come un proprio modello, evitando di ricorrere all'introduzione di medium rappresentazionali tra la percezione e l'azione.

4.2 Percezione e azione

Il rapporto tra percezione e azione è senz'altro uno dei campi di ricerca maggiormente battuti nell'ambito del paradigma della cognizione incorporata. In questo contesto comprendere il ruolo della corporeità per la percezione richiede di superare i confini dell'elaborazione corticale e di guardare alle forme d'interazione motoria tra il sistema e il suo ambiente circostante. Secondo il paradigma della cognizione incorporata la percezione non può essere compresa senza fare riferimento alle possibilità di azione proprie del sistema. Un agente, infatti, non percepisce l'ambiente in modo statico, ma come conseguenza di un'esplorazione attiva e di un'interazione continua con esso.

Una conseguenza empirica interessante della teoria sensorimotoria (sez. 3.3) è che gli agenti non dovrebbero essere in grado di percepire ogni aspetto dell'ambiente, ma solo quei particolari con cui effettivamente interagiscono. In letteratura esistono evidenze sperimentali in cui i soggetti sorprendentemente falliscono nel riconoscere cambiamenti macroscopici che occorrono all'interno del loro spazio percettivo. Gli effetti di cecità al cambiamento (*change-blindness*), ad esempio, si presentano in circostanze semplici in cui il soggetto è impegnato in un compito d'interazione con l'ambiente indipendente dal cambiamento che viene effettuato sulla scena [si veda Simons & Levin, 1997; Resnick,

O'Regan, & Clark, 1997; O'Regan, 2011]. Un fenomeno analogo, detto “cecità attenzionale”, occorre quando i partecipanti sono coinvolti in compiti di attenzione specifica, come contare il numero di elementi in un gruppo, ma falliscono nel notare la presenza di elementi estranei sulla scena, sebbene insoliti e molto bizzarri [Mack & Rock, 1998; Simons, & Chabris, 1999; O'Regan, 2010].

Secondo Gibbs [2005], fenomeni come la cecità al cambiamento e la cecità attenzionale non sono comprensibili all'interno di una teoria della percezione in cui i soggetti costruiscano una rappresentazione tridimensionale completa e dettagliata dell'ambiente circostante. Piuttosto tali evidenze sono spiegabili attraverso l'idea che la percezione sia un'attività basata sul controllo dei movimenti di occhi, testa e corpo e che siano le interazioni con l'ambiente a selezionare i dettagli rilevanti. Per ottenere un'esperienza percettiva un agente deve infatti compiere adeguate azioni e avere presenti specifici obbiettivi motori. Una porzione del mondo viene in questo modo esclusa dalla percezione consapevole semplicemente perché irrilevante agli scopi motori che l'agente ha in quel momento.

Un'altra interessante conseguenza dell'approccio sensorimotorio è che le caratteristiche qualitative della percezione non possono essere identificate con l'utilizzo di un particolare organo di senso. L'approccio sensorimotorio permette infatti di ipotizzare che una particolare modalità percettiva non sia legata al canale sensibile che normalmente la istanzia, bensì a uno specifico sistema di invarianze sensorimotorie. Gli apparati di sostituzione visuo-tattile (ASVT) messi a punto da Bach-y-Rita sembrano supportare questa ipotesi. Attraverso gli ASVT le immagini catturate da una videocamera digitale indossata dal soggetto sono trasformate in un codice di

stimolazione cutaneo. In questo modo lo stimolo visivo è trasformato in stimolo tattile e può essere percepito come tale.

Dopo un iniziale periodo di abituazione soggetti cechi dalla nascita sono in grado di orientarsi nello spazio e riconoscere oggetti sulla base degli impulsi tattili forniti dall'AVST [Bach-y-Rita, 1972; Bach-y-Rita, & Kerchel, S., 2003]. Sorprendentemente, ma in linea con la teoria sensorimotoria, tale risultato non si ottiene con soggetti e ambienti statici, ma solo attraverso una ripetuta pratica d'interazione dinamica con l'ambiente. I partecipanti devono infatti essere in grado di muovere la videocamera collegata all'AVST e di esplorare lo spazio circostante, prendendo così confidenza con le regolarità nella variazione di stimoli tattili che il movimento comporta (regolarità sensorimotorie). Ancora più interessante è il fatto che alcuni soggetti particolarmente esperti dichiarino di non percepire più lo stimolo in formato tattile, ma di percepire visivamente gli oggetti nello spazio [O'Regan, 2011].¹¹

Tra gli approcci alla cognizione incorporata che ancora oggi influenzano la ricerca sulle relazioni tra azione e percezione è doveroso menzionare il già citato approccio ecologico di James Gibson (vedi sez. 3). Elemento centrale nella relazione tra percezione e corporeità per Gibson è certamente la nozione di *affordance*. Un'*affordance* è una combinazione invariante di variabili percettive, un elemento sensibile che acquista rilievo in funzione delle possibilità d'interazione che contraddistinguono il corpo del soggetto, senza che ciò si leghi necessariamente a una

¹¹ Noë [2010] fa riferimento anche agli esperimenti di Sur et al. [1999] sul ricablaggio delle connessioni retiniche quale evidenza del fatto che non è il canale a determinare la qualità dell'esperienza percettiva. In questo caso il ricablaggio delle connessioni retiniche dei cuccioli di furetto sulle aree normalmente adibite all'elaborazione di stimoli acustici ha come conseguenza un riadattamento generale della corteccia per cui nel corso del normale sviluppo i furetti divengono in grado di percepire stimoli visivi impiegando le aree corticali solitamente adibite alla percezione acustica.

rappresentazione consapevole di tali possibilità. «La teoria delle *affordances*», scrive Gibson, «comporta che vedere le cose significa vedere come muoversi tra le cose stesse e cosa fare o meno con esse» [Gibson, 1979, trad it. p. 341], in tal senso il processo di percezione visiva appare al servizio delle abilità d'interazione con l'ambiente, che a sua volta risultano controllate dall'acquisizione d'informazioni sensibili riguardo allo spazio circostante e agli oggetti che lo popolano.

Recentemente, la nozione di *affordance* ha ottenuto un significativo interesse sperimentale anche al di fuori del paradigma ecologico delineato da Gibson. In particolare, se si accetta la teoria delle *affordance* è possibile ipotizzare che aspetti salienti dell'ambiente siano percepiti immediatamente in termini di capacità motorie del sistema. Il rilevamento di specifici schemi sensorimotori nello stimolo potrebbe infatti influenzare la preparazione e l'esecuzione di azioni in base alle possibilità motorie evocate dalle informazioni veicolate dallo stimolo. Questo è proprio il caso illustrato da una serie di esperimenti comportamentali che dimostrano l'emergere di effetti di facilitazione quando i soggetti sono invitati a eseguire un compito motorio (e.g., mimare una presa) congruente con una possibilità d'azione espressa da un certo stimolo (e.g., l'immagine di un manico) [Tucker & Ellis, 1998; Ellis & Tucker 2000, Derbyshire et al. 2006].

Inoltre, Costantini et al., [2010] hanno mostrato che tali effetti di facilitazione dovuti alla percezione di *affordance* sono legati alla posizione spaziale dell'oggetto rispetto al corpo del soggetto e dipendono dall'effettiva possibilità che un individuo ha di interagire con l'ambiente. In particolare, gli effetti di facilitazione cessano quando l'oggetto è posto al di là dello spazio peripersonale del soggetto percipiente.

Tali evidenze comportamentali possiedono anche un corrispettivo neurale. Numerosi esperimenti di *imaging* supportano infatti l'ipotesi che oggetti afferrabili presentati visivamente attivano le stesse aree sensorimotorie funzionalmente coinvolte nell'esecuzione delle azioni rese possibili dagli oggetti stessi [Grafton et al., 1997; Chao & Martin, 2000; Grezes and Decety, 2002]. Recentemente Buccino et al. [2009] e Cardellicchio et al. [2011] hanno mostrato che l'attivazione del sistema motorio avviene già entro 200 ms dalla percezione dello stimolo, escludendo in questo modo che si tratti di un fenomeno indiretto legato, per esempio, allo stato attenzionale o all'immaginazione del soggetto.¹²

4.3 Cognizione sociale

Un altro fondamentale ambito di ricerca in cui il paradigma della cognizione incorporata ha fornito contributi negli ultimi anni è senz'altro quello della comprensione interpersonale. Ci sono almeno tre ambiti di ricerca in cui la teoria della cognizione incorporata presenta interessanti sviluppi: la psicologia del senso comune, l'empatia emotiva, e la comprensione del linguaggio. In questa sezione ci concentreremo sui primi due ambiti, mentre la comprensione linguistica sarà affrontata in una sezione a parte.

La psicologia del senso comune è generalmente concepita come l'insieme dei processi cognitivi che permettono la pianificazione delle proprie azioni e la previsione del comportamento altrui attraverso l'attribuzione di stati mentali intenzionali, come credenze o desideri [Nichols & Stich 2003]. La natura dei processi di attribuzione e l'adeguatezza di una teoria della cognizione incorporata per la psicologia del senso

¹² Sulla distinzione tra la concezione Gibsoniana di affordance e quella emergente dalle evidenze comportamentali e neurobiologiche si veda Zipoli Caiani [2013].

comune è oggi questione dibattuta.¹³ Allo stesso modo è dibattuto se le rappresentazioni coinvolte nella cognizione sociale debbano avere solo formato proposizionale, o se invece possano essere definiti ruoli anche per formati diversi, per esempio motori (vedi sez. 3).

Tradizionalmente si fa riferimento a due principali approcci, uno teorico-inferenziale, solitamente indicato come *Teoria della Teoria della Mente* (TT), e uno basato su processi di simulazione solitamente indicato come *Teoria della Simulazione della Mente* (TS). Secondo i sostenitori di TT quando i soggetti attribuiscono stati mentali ad altri individui accedono a una teoria del comportamento internamente rappresentata. In questa visione l'attribuzione di stati mentali è essenzialmente un esercizio di ragionamento teorico. Per esempio, quando dobbiamo prevedere il comportamento del soggetto S utilizziamo le nostre conoscenze e abilità inferenziali per passare dalla rappresentazione delle circostanze in cui si svolge il comportamento attuale di S, alla rappresentazione del comportamento futuro di S [si veda ad esempio la raccolta di saggi in Carruthers & Smith, 1996].

Diversamente, i sostenitori di TS affermano che nel rappresentare gli stati mentali altrui i soggetti non ricorrono a conoscenze pregresse e a teorie inferenziali, bensì alla generazione interna di stati e processi analoghi a quelli dell'altro. L'idea di base è che le risorse interne utilizzate per guidare il comportamento di un individuo possono essere impiegate anche per rappresentare gli stati cognitivi di altre persone, evitando così il ricorso a informazioni amodali e alla formulazione di ipotesi sul comportamento altrui

¹³ Sullo sviluppo delle abilità di attribuzione alla luce della teoria della cognizione incorporata si veda Fenici [2012] e bibliografia ivi contenuta.

[per una generale introduzione si vedano i classici: Davies & Stone, 1995a, 1995b. e Goldman, 2006].

Si noti che nel caso di TT il formato della rappresentazione interna con cui vengono elaborate le informazioni sul comportamento altrui non ha alcuna particolare importanza. In questo contesto non è infatti rilevante quale sia il veicolo di tali rappresentazioni o quale sia il loro contenuto, ciò che conta è solo l'affidabilità del processo di elaborazione (ovvero la sua efficienza nel fornire previsioni adeguate). Inoltre, l'ipotesi che esistano moduli dedicati alla elaborazione dell'informazione sociale rende perfettamente compatibile TT con gli assunti del cognitivismo classico [Baron Cohen et al., 1985; Leslie, 1994]. Diversamente nel caso di ST l'attenzione si sposta, dalla forma dell'elaborazione cognitiva, alla natura stessa delle rappresentazioni coinvolte. La simulazione di stati mentali altrui implica, infatti, che il soggetto simulatore sia in grado di individuare e recuperare internamente le stesse risorse cognitive impiegate dal soggetto simulato, rendendo in questo modo rilevante il formato delle rappresentazioni coinvolte.

Goldman e de Vignemont [2009] hanno sottolineato il ruolo cruciale delle *rappresentazioni corporee* per la teoria della simulazione, caratterizzandole come una classe particolare di rappresentazioni mentali in virtù del loro formato, piuttosto che del loro contenuto. In altre parole, così come un'indicazione stradale può essere veicolata attraverso formati diversi, ad esempio su una mappa o con una serie di enunciati, allo stesso modo due rappresentazioni mentali potrebbero avere contenuti identici (e.g., lo stesso obiettivo motorio) e differire una dall'altra per quanto riguarda il formato (e.g., corporeo anziché proposizionale) [Butterfill & Sinigaglia, 2012].

Gallese & Sinigaglia, [2011] hanno notato che il formato di una rappresentazione mentale pone dei vincoli al contenuto della rappresentazione stessa. Per esempio, nella rappresentazione delle intenzioni sottostanti all'esecuzione di un accordo per pianoforte, fattori fisici e bio-meccanici, così come la competenza motoria di cui dispone l'osservatore, limitano ciò che può essere rappresentato nella simulazione [Sinigaglia, 2008]. In un processo di simulazione che coinvolga rappresentazioni in formato motorio gli stessi vincoli corporei si applicano sia alle rappresentazioni delle proprie azioni, sia alle corrispondenti rappresentazioni coinvolte nell'osservazione del comportamento altrui. In altre parole, la natura e la portata di ciò che può essere il contenuto di un processo di simulazione appare vincolato dal formato fisico delle rappresentazioni coinvolte [Gallese & Sinigaglia, 2011].

Negli ultimi anni i dati relativi al ruolo del sistema motorio nella codifica delle azioni altrui hanno messo in evidenza come i neuroni specchio motori rappresentino un nodo funzionale essenziale alla generazione di rappresentazioni in formato non proposizionale. I neuroni specchio motori sono una specifica classe di neuroni coinvolti sia durante l'esecuzione, sia durante l'osservazione di un dato comportamento [per una introduzione generale si veda Rizzolatti & Sinigaglia, 2006].

Numerosi studi sull'uomo hanno dimostrato che l'osservazione di un altro individuo che esegue un'azione motoria recluta le stesse aree premotorie coinvolte nell'esecuzione di quello stesso atto [Rizzolatti & Sinigaglia, 2010]. Proprio la localizzazione nelle aree motorie di processi di simulazione veicolati da neuroni specchio motori e il loro carattere somatotopico permette di parlare di forme di *simulazione incorporata* in cui sono coinvolte rappresentazioni in formato corporeo [Gallese, 2007]. In questo caso,

infatti, l'attivazione di circuiti premotori che servono allo scopo di pianificare un singolo obiettivo (come afferrare qualcosa), assume un ruolo funzionale anche rispetto all'attribuzione di tale obiettivo ad altri individui [Fogassi, et al., 2005].

TS offre inoltre la possibilità di trattare all'interno del paradigma della cognizione incorporata anche le modalità di elaborazione relative alle informazioni emotive. Secondo lo schema tipico del cognitivismo classico la cognizione emotiva è stata per lungo tempo concettualizzata come un processo astratto, intellettuale, del tutto separato da eventi corporei. Nel corso degli ultimi anni questa concezione disincarnata della cognizione emotiva è stata messa in discussione. Recenti teorie della cognizione incorporata suggeriscono nuovi modi di guardare a come trattiamo le informazioni emotive.

In questo contesto la percezione di emozioni in altri soggetti coinvolge le aree somato-viscerali, implicando una riattivazione dell'emozione percepita in se stessi [Niedenthal, 2007]. Un cospicuo numero di evidenze suggerisce che i substrati neurali di diverse emozioni, come paura, disgusto, e rabbia, siano fundamentalmente coinvolti nel processo di riconoscimento di queste stesse emozioni negli altri.

Gallese, Keysers e Rizzolatti [2004] hanno sostenuto che i meccanismi specchio sono coinvolti anche nei processi di empatia e di comprensione delle emozioni altrui. Gli studi con gli esseri umani hanno mostrato che l'aumento di attività nell'insula si verifica sia quando si prova e si manifesta disgusto, sia quando si percepisce un altro individuo che esprime disgusto. È possibile ipotizzare che i meccanismi di simulazione forniscano la base neurale, seppur non in modo esclusivo [Barlassina, 2013], per il riconoscimento delle emozioni altrui rendendo possibile fenomeni di contagio emotivo. Di fatto,

all'incapacità di esperire soggettivamente un'emozione come la paura è associata un'incapacità a riconoscere la paura negli altri. Alla compromissione delle capacità di sperimentare disgusto è associata a una compromissione nel riconoscere il disgusto altrui, e così via [si veda Goldman, 2006].

Evidenze come queste possono essere spiegate ipotizzando che il normale riconoscimento di un'emozione venga eseguito attraverso un processo di simulazione che sfrutta il substrato neurale utilizzato nel provare soggettivamente quella stessa emozione. In altre parole, la nostra comprensione emotiva dell'altro passa attraverso il possesso di abilità percettive, una fondamentale somiglianza nella struttura corporea, e implica reazioni viscerali analoghe.

Dar conto delle sensazioni corporee che contraddistinguono l'esperienza emotiva non è una questione secondaria. Per Damasio [1994] le emozioni dipendono sia da rappresentazioni del corpo nel cervello, sia da attività corporee vere e proprie. In condizioni normali il cervello e il corpo interagiscono in modo tale che un'esperienza emotiva sarà più o meno forte in funzione della rappresentazione cerebrale dello stato fisico e della quantità di input che riceve dal corpo. Prinz [2003] ha sostenuto che le emozioni sono valutazioni di natura corporea (*embodied appraisals*), ovvero stati del corpo dotati di uno specifico significato nell'ambiente. La paura, per esempio, sarebbe la valutazione corporea che alcuni aspetti dell'ambiente sono pericolosi.

Una concezione ancora più radicale è stata proposta da Thomson e Colombetti [2008] secondo cui l'esperienza emotiva non è un processo cognitivo che accade nella testa degli individui e gli stati corporei non sono semplicemente eventi concomitanti a tale processo. Piuttosto, le emozioni sono allo stesso tempo stati fisici e cognitivo-valutativi.

Gli eventi corporei possono essere considerati veri e propri elementi costitutivi della cognizione emotiva, sia strutturalmente che fenomenologicamente.

4.4 Cognizione semantica

La ricerca di una radice corporea per la cognizione linguistica ha focalizzato l'attenzione sul ruolo della sensibilità e dell'interazione con l'ambiente. Questo tipo di ricerca pone al centro il ruolo della rappresentazione multimodale, basandosi su evidenze comportamentali e neurobiologiche [Barsalou, 2008].

Secondo i proponenti di una teoria incorporata del linguaggio, la comprensione di un'ampia gamma di concetti non si riduce a un processo di elaborazione simbolica amodale, ma dipende dal particolare tipo di corpo e dalle possibilità d'interazione con l'ambiente di cui il soggetto dispone. Tale tesi ha dato vita a un acceso dibattito, contrapponendo la scuola Chomskiana di stampo cognitivista al paradigma sensorimotorio della comprensione linguistica. La possibilità di sviluppare un'adeguata teoria cognitiva del linguaggio che faccia a meno di elaborazioni computazionali amodali è sicuramente tra le più interessanti e controverse sfide a cui deve far fronte il paradigma della cognizione incorporata.

In particolare, secondo il paradigma della cognizione incorporata le interazioni con l'ambiente e i movimenti corporei dovrebbero influenzare le prestazioni di comprensione linguistica. Un primo interessante esempio di teoria che coinvolge il ruolo dell'apparato motorio nella cognizione del linguaggio verbale è rappresentato dai lavori di Liberman [Liberman & Mattingly, 1985; Liberman & Wahlen, 2000]. Secondo Liberman e colleghi l'oggetto della percezione linguistica è la rappresentazione del

comportamento fonetico. La percezione e la comprensione di un enunciato sarebbero sostanzialmente influenzate dalla simulazione interna dei gesti che veicolano il linguaggio e che coinvolgono labbra, lingua e altri effettori vocali.

Seguendo questo paradigma Fadiga et al. [2002] hanno mostrato che l'ascolto passivo di parole e pseudo-parole induce l'attivazione dei centri corticali specificamente coinvolti nella produzione dei gesti per l'emissione degli stessi suoni.

Un esperimento eseguito da Gentilucci [2003] ha messo in evidenza l'influenza dell'osservazione di un'azione sulla produzione di sillabe. In particolare l'esperimento suggerisce che le rappresentazioni fonemiche espresse attraverso l'articolazione della bocca sono influenzate dalla concomitante presenza di rappresentazioni di tipo visuo-motorio.

Una delle strategie più interessanti adottate per rendere esplicita la correlazione tra la comprensione linguistica e cognizione sensomotoria passa attraverso l'idea che le parole siano "utensili" con cui interagiamo per eseguire azioni [Wittgenstein, 1953; Borghi & Cimatti, 2009, 2010; Borghi & Scorolli, 2012]. Per esempio, Gentilucci & Gangitano [1998] hanno mostrato che i picchi di accelerazione, la velocità e la decelerazione del polso durante un'azione diretta su un oggetto possono essere modulati dalla presenza sull'oggetto di etichette con scritto parole che indicano distanze spaziali come "breve" o "lungo". Questo fenomeno è coerente con l'ipotesi che durante la fase iniziale dell'azione i soggetti associno la parola sull'etichetta con la distanza da coprire per raggiungere l'oggetto e attivino un programma motorio diverso in funzione del suo significato [Glover et al., 2004].

Misurazioni comportamentali rivelano inoltre la presenza di un effetto di *priming* tra comprensione semantica ed esecuzione dell'azione. In un esperimento eseguito da Boulenger et al. [2006] i picchi di accelerazione del polso durante compiti di decisione successivi alla somministrazione di stimoli linguistici risultano ritardati e di minore intensità a seguito della somministrazione di verbi di azione, rispetto alla somministrazione di nomi concreti. Supponendo che un picco di accelerazione del polso sia indicativo di contrazioni muscolari, la misura di una più lunga latenza e di un'ampiezza minore suggerisce che i verbi di azione interferiscono con l'esecuzione del movimento stesso [Nazir et al., 2008].

Sulla base delle precedenti evidenze è possibile distinguere due diversi effetti motori durante l'elaborazione del linguaggio: effetti di tipo *lessicale* ed effetti di tipo *referenziale* [Fischer & Zwaan, 2008; Gallese, 2008]. Gli effetti di tipo lessicale si verificano quando il sistema motorio risponde semplicemente al gesto comunicativo, cioè quando il sistema motorio dell'ascoltatore è attivato dal suono di una parola indipendentemente dal suo valore semantico (si pensi alle evidenze di Liberman sopra riportate). Diversamente l'effetto di tipo referenziale si verifica quando il sistema motorio risponde al contenuto dell'atto comunicativo, come nel caso in cui il percepire la parola "calcio" attiva il sistema motorio nelle aree dedicate al controllo di gambe e piedi.

Naturalmente, questo secondo caso sembra essere il più interessante. Per esempio Scorolli e Borghi [2007] hanno mostrato che la percezione di sostantivi e di verbi concernenti azioni eseguite con i piedi e con le mani comporta un effetto di facilitazione in risposte motorie eseguite rispettivamente con i piedi e con le mani. Inoltre,

recentemente, ancora Borghi e Scorolli [2009] hanno mostrato che tale effetto è legato non solo alla compatibilità degli effettori con cui è eseguita l'azione, ma anche all'obiettivo motorio espresso dall'enunciato [si veda anche Borghi & Riggio, 2009; Glenberg et al., 2008].

Al fine di chiarire se l'attivazione di specifiche aree motorie rifletta effettivamente la comprensione semantica, o sia invece solo un processo secondario, Pulvermüller et al. [2005] hanno specificato che l'attivazione motoria in compiti di comprensione di verbi d'azione si ha già entro 200ms dalla presentazione dello stimolo. Inoltre, Boulenger et al. [2008] hanno mostrato che tali attivazioni si hanno anche a seguito di una presentazione subliminale di verbi e parole d'azione.

Risultati come questi sono supportati da numerosi esperimenti di *imaging*. Per esempio, Tettamanti et al. [2005] hanno mostrato che l'ascolto di frasi che si riferiscono a un'azione attivano l'area fronto-parietale sinistra del sistema temporale, ovvero l'area coinvolta nell'esecuzione della stessa azione e nell'osservazione di azioni congruenti. L'ipotesi che la comprensione delle parole e degli enunciati che denotano azioni dipenda da strutture situate all'interno delle aree premotorie dell'emisfero sinistro è supportata da numerose evidenze. In particolare, Aziz-Zadeh et al. [2005] hanno mostrato che l'interruzione funzionale delle aree motorie nell'emisfero destro non influenza l'elaborazione semantica, ma solo la produzione del comportamento linguistico. Diversamente, le interferenze con il funzionamento delle aree motorie nell'emisfero sinistro producono difficoltà riguardanti sia l'articolazione sia l'uso delle parole.

Nonostante il cospicuo numero di evidenze, occorre notare che una completa teoria della comprensione semantica e concettuale in termini di rappresentazioni corporee

deve comunque affrontare ancora molta strada. I risultati sopracitati forniscono chiara evidenza del fatto che le aree premotorie si attivano in modo funzionale nella comprensione di enunciati o verbi concernenti azioni motorie. Certo si tratta di un risultato interessante e sorprendente, non prevedibile a partire dall'assunzione di una concezione cognitivista classica. Tuttavia, se questo fosse il massimo che una teoria della semantica incorporata può stabilire sarebbe un risultato molto limitato. La sfida si delinea pertanto nell'individuare le radici corporee di ambiti semantici e categorie concettuali diverse da quella motoria, mostrando che anche l'elaborazione di riferimenti linguistici apparentemente astratti coinvolge aree come quelle motorie o somatosensoriali.¹⁴

Lakoff & Johnson [1980] hanno per primi focalizzato l'attenzione sul ruolo cognitivo della metafora, ovvero sulla possibilità di mappare un dominio concettuale su un altro apparentemente estraneo, strutturando la comprensione dei diversi contesti semantici. Si pensi a espressioni comuni come “non abbiamo più tempo davanti a noi” o “la data si sta avvicinando”, in cui il tempo è concepito come un percorso spaziale lungo il quale gli agenti si muovono. Oppure si pensi a casi in cui concetti comuni come quello di “viaggio”, “percezione”, “forza” vengono impiegati in modo metaforico per strutturare ambiti semantici radicalmente diversi come quello degli affetti (l'amore è un viaggio), della razionalità (non vedo per quale ragione...) o degli stati d'animo (provo una forte inquietudine).¹⁵

¹⁴ Del resto, Rizzolatti & Arbib [1998] e Tomasello [2008], hanno sostenuto che l'elaborazione sensorimotoria non è solo coinvolta nella comprensione del linguaggio, ma che le nostre capacità linguistiche e comunicative in generale derivano da una primitiva abilità di comprendere le intenzioni che sottendono le azioni altrui.

¹⁵ Per un'ampia ricostruzione del dibattito sulla semantica cognitiva alla luce della teoria della cognizione incorporata si veda Peruzzi [2004].

Di fondamentale importanza per lo sviluppo di una semantica basata sugli assunti della cognizione incorporata è l'idea per cui, non solo la metafora svolge un ruolo costitutivo nella comprensione di contesti fondamentali, ma è essa stessa strutturata in relazione alle caratteristiche corporee dei soggetti parlanti. Casi paradigmatici come quelli rappresentati dalle espressioni “la vita è un cammino”, o “in alto nella scala sociale”, mostrano infatti come il dominio di origine sia strutturato in base all'esperienza corporea che abbiamo in quanto esseri che si orientano e si muovono attraverso l'ambiente per raggiungere i propri scopi e obiettivi.

Secondo Lakoff e Johnson [1999], il frequente ricorso a concetti spaziali come “davanti”, “dietro”, “sotto” e “sopra” quali domini sorgente per la formazione di metafore fornisce un esempio del ruolo della corporeità nella strutturazione di ambiti semantici complessi. Infatti, solo sistemi cognitivi in grado di muoversi liberamente nello spazio e di localizzare sensibilmente gli oggetti in base alla loro posizione relativa sembrano in grado di poter comprendere un linguaggio basato sul ricorso a tali modelli concettuali. Sistemi con strutture corporee diverse, privi di effettori, o immobili, al contrario, potrebbero avere un concetto diverso di “davanti” e “sopra”, o addirittura nessuno. Questo proprio in forza dei vincoli diversi che corpi dotati di proprietà diverse impongono alle forme di rappresentazione interna di un sistema.¹⁶

BIBLIOGRAFIA

Aziz-Zadeh L., Damasio A. (2008), “Embodied semantics for actions: findings from functional brain imaging”, *Journal of Physiology - Paris*, 102, pp. 35-39.

¹⁶ Sulla metafora e la teoria della cognizione incorporata si veda anche Gibbs, 1996; Gibbs, 2008.

- Aziz-Zadeh, L., Cattaneo, L., Rochat, M., Rizzolatti, G. (2005), “Covert speech arrest induced by rTMS over both motor and nonmotor left hemisphere frontal sites”, *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17, pp. 928-938.
- Bach-y-Rita P. (1972), *Brain Mechanisms in Sensory Substitution*, Academic Press, New York.
- Bach-y-Rita P., W. S. Kercel (2003), Sensory substitution and the human-machine interface, *Trends in Cognitive Sciences*, 7 (12), pp. 541–546.
- Barlassina L. (2013), “Simulation is not enough: A hybrid model of disgust attribution on the basis of visual stimuli”, *Philosophical Psychology*, 26, 3, pp. 401-419.
- Baron-Cohen S, Leslie A.M., Frith U. (1985), “Does the autistic child have a “theory of mind”?”, *Cognition*, 21, pp. 37-46.
- Barsalou W. L. (2008), “Grounded Cognition”, *Annual Review of Psychology*, 59, p. 617-45.
- Barsalou W. L. (2009), “Simulation, situated conceptualization, and prediction”, *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 364(1521), pp. 1281–1289.
- Bechtel W. (1998), “Representations and Cognitive Explanations: Assessing the Dynamicist’s Challenge in Cognitive Science”, *Cognitive Science*, 22, pp. 295-318.
- Bechtel W. (2007), *Mental Mechanisms: Philosophical Perspectives on Cognitive Neuroscience*, Taylor & Francis, New York.

- Beer R. (2003), “The Dynamics of Active Categorical Perception in an Evolved Model Agent”, *Adaptive Behavior*, 11, pp. 209-43.
- Beer R. D. (2000), “Dynamical Approaches to Cognitive Science”, *Trends in Cognitive Science*, 4, pp. 91–99.
- Borghi A., Riggio L. (2009), “Sentence comprehension and simulation of object temporary, canonical and stable affordances”, *Brain Research*, 1253, pp. 117-128.
- Borghi A., Scorolli C. (2009), “Language comprehension and hand motion simulation”, *Human Movement Science*, 28, pp. 12-27.
- Borghi A.M., Cimatti F. (2009), “Words as tools and the problem of abstract words meanings”, in N. Taatgen, H. van Rijn (a cura di), *Proceedings of the 31st Annual Conference of the Cognitive Science Society*, Cognitive Science Society, Amsterdam, pp. 2304-2309.
- Borghi A.M., Cimatti F. (2010), “Embodied cognition and beyond: Acting and sensing the body”, *Neuropsychologia*, 48, pp. 763-773.
- Borghi A.M., Scorolli C. (2012), “Parole come strumenti che estendono il corpo”, *Sistemi intelligenti*, 24, 1, pp. 117-126.
- Boulenger V., Hauk O., Pulvermuller F. (2008), “Grasping ideas with the motor system: semantic somatotopy in idiom comprehension”, *Cerebral Cortex*, 19, pp. 1905-1914.
- Boulenger V., Roy A., Paulignan Y., Deprez V., Jeannerod M., Nazir T. (2006), “Cross-talk between language processes and overt motor behavior in the first 200 msec of processing”, *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18 (10), pp. 1607-1615.

- Brooks R. (1991a), “New Approaches to Robotics”, *Science*, 253, pp. 1227-32.
- Brooks R. (1991b), “Intelligence Without Representation”, *Artificial Intelligence*, 47, pp. 139-59.
- Brooks R. (2002), *Flesh and Machine: How Robots will change us*, Pantheon, New York.
- Buccino G. S., Cattaneo L., Rodotà F., Riggio L. (2009), “Broken affordances, broken objects: A TMS study”, *Neuropsychologia*, 47, pp. 3074-3078.
- Butterfill S., Sinigaglia C. (2012), “Intention and motor representation in purposive action”, *Philosophy and Phenomenological Research* [DOI: 10.1111/j.1933-1592.2012.00604.x].
- Cardellicchio P., Sinigaglia C., Costantini M. (2011), “The space of affordances: A TMS study”, *Neuropsychologia*, 49 (5), pp. 1369-1372.
- Carruthers P., Smith P. (1996), *Theories of Theories of Mind*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Chao L. L., Martin A. (2000), “Representation of Manipulable Man-Made Objects in the Dorsal Stream”, *NeuroImage*, 12, pp. 478-484.
- Chemero A. (2000), Anti-representationalism and the dynamical stance, *Philosophy of Science*, 67, pp. 625-647.
- Chemero A. (2009), *Radical Embodied Cognitive Science*, The MIT Press, Cambridge (MA).

- Chomsky N. (1959), “A Review of B. F. Skinner’s Verbal Behavior”, *Language*, 35, No. 1, pp. 26-58.
- Clark A. (1998), *Being There: Putting Mind, Body, and World Together Again*, The MIT Press, Cambridge (MA).
- Clark A., Toribo J. (1994), “Doing without representing”, *Synthese* 101 (3), pp. 401-31.
- Clark A. (2008), *Supersizing the Mind: Embodiment, Action, and Cognitive Extension*, Oxford University Press, Oxford.
- Clark A., Chalmers D. (1998), “The extended mind”, *Analysis*, 58, pp. 7-19.
- Colombetti G., Thomson E. (2008), “The feeling body: towards an enactive approach to emotion”, in Overton WF, Muller U, Newman JL (a cura di) *Developmental Perspectives on Embodiment and Consciousness*, Lawrence Erlbaum Ass., New York.
- Costantini M., Ambrosini E., Tieri G., Sinigaglia C., Committeri G. (2010), “Where does an object trigger an action? An investigation about affordance in space”, *Experimental Brain Research*, 207, pp. 95-103.
- Damasio A. (1994), *Descartes’ Error: Emotion, Reason, and the Human Brain*, Penguin, New York.
- Davies M., Stone T. (eds.) (1995), *Mental Simulation: Evaluations and Applications*, Blackwell Publishers, Oxford.
- Davies M., Stone T. (eds.)(1995), *Folk Psychology: The Theory of Mind Debate*, Blackwell Publishers, Oxford.

Dennett D. (1987), *The Intentional Stance*, Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.

Derbyshire N., Ellis R., Tucker M. (2006), “The potentiation of two components of the reach-to-grasp action during object categorisation in visual memory”, *Acta Psychologica*, 122, pp. 78-94.

Dretske F. (1988), *Explaining Behavior: Reasons in a World of Causes*, The MIT Press, Cambridge, (MA).

Dretske F. (1995), *Naturalizing the Mind*, The MIT Press, Cambridge, (MA).

Ellis R., Turker M. (2000), “Micro-Affordance: the Potentiation of Components of Action by Seen Objects”, *British Journal of Psychology*, 91, pp. 451-471.

Evans G. (1982), *The Varieties of Reference*, Oxford University Press, Oxford.

Fadiga L., Craighero L., Buccino G., Rizzolatti G. (2002), “Speech listening specifically modulates the excitability of tongue muscles: a TMS study”, *European Journal of Neuroscience*, 15, pp. 399-402.

Fenici M. (2012), “Embodied Social Cognition and Embedded Theory of Mind”, *Biolinguistics*, 6, 3–4, pp. 276–307.

Fischer M., Zwaan R. (2008), “Embodied Language: A Review of the Role of the Motor System in Language Comprehension”, *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 61 (6), pp. 825-850.

Fodor J. (1989), *Psychosemantics: The Problem of Meaning in the Philosophy of Mind*, Bradford Book, Cambridge (MA).

- Fodor J. A., Pylyshyn Z. (1988), “Connectionism and cognitive architecture: A critical analysis”, *Cognition*, 28, pp. 3-71.
- Fogassi L, Ferrari P.F, Gesierich B., Rozzi S., Chersi F., Rizzolatti G. (2005), “Parietal lobe: from action organization to intention understanding”, *Science*, 29;308(5722):662-667.
- Gallese V. (2007), “Before and below “theory of mind”: embodied simulation and the neural correlates of social cognition”, *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.*, 362, pp. 659-669.
- Gallese V. (2008), “Mirror neurons and the social nature of language: The neural exploitation hypothesis”, *Social Neuroscience*, 3, pp. 317-333.
- Gallese V., Keysers C., Rizzolatti G. (2004), “A unifying view of the basis of social cognition”, *Trends in Cognitive Sciences*, 8, pp. 396-403.
- Gallese V., Sinigaglia C. (2011), “What is so special about embodied simulation?”, *Trends in Cognitive Sciences*, 15(11), pp. 512-551.
- Gardner H. (1985), *The Mind's New Science. A History of the Cognitive Revolution*, Basic Books, New York.
- Gentilucci M. (2003), “Grasp observation influences speech production”, *European Journal of Neuroscience*, 17, pp. 179-184.
- Gentilucci M., Gancitano M. (1998), “Influence of automatic word reading on motor control”, *European Journal of Neuroscience*, 10, pp. 752-756.
- Gibbs R. (1996), “Why many concepts are metaphorical?”, *Cognition*, 61, pp. 309-319.

- Gibbs R. (2005), *Embodiment and Cognitive Science*, Cambridge University Press, Cambridge (MA).
- Gibbs R. (2008), “Metaphor and thought. The state of the art”, in R. Gibbs, *The Cambridge Handbook of Metaphor and Thought* (p. 3-13), Cambridge University press, Cambridge (MA).
- Gibson J. (1979), *The Ecological Approach to Visual Perception*, Lawrence Erlbaum Associates, New York.
- Gibson J. J. (1966), *The Senses Considered as Perceptual Systems*, Houghton Mifflin, Boston.
- Glenberg A., Sato M., Cattaneo L., Riggio L., Palumbo D., Buccino G. (2008), “Processing abstract language modulates motor system activity”, *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 6, pp. 905-919.
- Glover S., Rosenbaum D., Graham J., Dixon P. (2004), “Grasping the Meaning of Words”, *Experimental Brain Research*, 154, pp. 103-108.
- Goldman A. (2006), *Simulating Minds: The Philosophy, Psychology, and Neuroscience of Mindreading*, Oxford University Press, Oxford.
- Goldman A. I., de Vignemont F. (2009), “Is social cognition embodied?”, *Trends in Cognitive Sciences* 13(4), pp. 154-159
- Grafton S., Fadiga L., Arbib M., Rizzolatti G. (1997), “Premotor Cortex Activation during Observation and Naming of Familiar Tools”, *Neuroimage*, 6, pp. 231-236.

- Grezes J., Decety J. (2002), “Does visual perception of object afford action? Evidence from a neuroimaging study”, *Neuropsychologia*, 40, pp. 212-222.
- Haugeland J. (1988), *Having Thought: Essays in the Metaphysics of Mind*, Harvard University Press, Cambridge, (MA).
- Heck R. G. (2000), “Nonconceptual content and the space of reasons”, *Philosophical Review*, 109, pp. 483-523.
- Heft H. (2001), *Ecological Psychology in Context: James Gibson, Roger Barker, and the legacy of William James’s radical empiricism*, Erlbaum, Mahwah (NJ).
- Hurley S. (2001), “Perception And Action: Alternative Views:”, *Synthese*, 129, pp. 3-40.
- Hutto D., Myin E. (2013), *Radicalizing Enactivism: Basic Minds without Content*. The MIT Press, Cambridge (MA).
- Jacob P., Jeannerod M. (2003), *Ways of Seeing: The Scope and Limits of Visual Cognition*, Oxford University Press, Oxford.
- Jeannerod M. (2006), *Motor cognition: What actions tell the Self*, Oxford University Press, Oxford.
- Johnson-Laird P. N. (1983), *Mental Models: Toward a Cognitive Science of Language, Inference and Consciousness*, Harvard University Press, Cambridge (MA).
- Kosslyn S. (1996), *Image and Brain: The Resolution of the Imagery Debate*, Bradford Book, Cambridge (MA).
- Lakoff G., Johnson M. (1980), *Metaphor We Live By*, Chicago University Press, Chicago.

Lakoff G., Johnson M. (1999), *Philosophy In The Flesh: the Embodied Mind and its Challenge to Western Thought*, Basic Books, New York.

Lakoff G., Johnson M. (1999), *Philosophy In The Flesh: the Embodied Mind and its Challenge to Western Thought*, Basic Books, New York.

Leslie A. (1994), “Pretending and believing: Issues in the theory of ToMM”, *Cognition*, 50, pp. 211-238.

Liberman A., Mattingly I. (1985), “The Motor Theory of Speech Perception Revised”, *Cognition*, 21, pp. 1-36.

Liberman A., Whalen D. (2000), “On the relation of speech to language”, *Trends in Cognitive Sciences*, 4, pp. 187-196.

Mack A., Rock I. (1998), *Inattentional Blindness*, The MIT Press, Cambridge (MA).

Marr D. (1982), *Vision: A Computational Investigation into the Human Representation and Processing of Visual Information*, Freeman, New York.

Michaels C.F., Carello C. (1981), *Direct Perception*, Prentice Hall, Englewood Cliffs (N.J).

Millikan R. (1984), *Language, Thought and Other Biological Categories*, The MIT Press, Cambridge (MA).

Milner A. D., Goodale M. A. (1995), *The visual brain in action*, Oxford University Press, Oxford.

Nazir T., Boulenger V., Roy A., Silber B., Jeannerod M., Paulignan Y. (2008), “Language-induced motor perturbations during the execution of a reaching

movement”, *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, v. 61, pp. 933-943.

Nichols S., Stich S., (2003), *Mindreading: An Integrated Account of Pretence, Self-Awareness, and Understanding of Other Minds*, Oxford University Press, Oxford.

Niedenthal P. (2007), “Emboding Emotions”, *Science*, 316, p. 1002.

Noë A. (2004), *Action in Perception*, The MIT Press, Cambridge (MA).

Noë A. (2009), *Out of Our Heads: Why You Are Not Your Brain, and Other Lessons from the Biology of Consciousness*. New York, Hill & Wang. Trad. It., *Perché non siamo il nostro cervello*, Raffaello Cortina Editore, Milano, 2010.

Noë A., O’Regan J.K. (2002), “On the brain-basis of visual consciousness: A sensorimotor account”, In A., Noë, E., Thompson, (Eds) *Vision and mind: Selected readings in the philosophy of perception*. (pp. 567-598), The MIT Press, Cambridge, (MA).

Norman J. (2002), “Two visual systems and two theories of perception: An attempt to reconcile the constructivist and ecological approaches”, *Behavioral and Brain Sciences*, 25, pp. 73-144.

O’Regan J., Noë A. (2001), “A Sensorimotor Account of Vision and Visual Consciousness”, *Behavioral and Brain Sciences*, 24, pp. 939-1031.

O’Regan J.K. (2011), “Why Red Doesn’t Sound Like a Bell: Explaining the Feel of Consciousness”, Oxford University Press. Trad. It., *Perchè il rosso non suona come una campana?*, Raffaello Cortina, Milano, 2012.

- O'Regan K. (2010), "Why Red looks Red rather than Sounding like a Bell", *Humana.Mente Journal of Philosophical Studies*, 14, pp. 5-24. Ristampato in A. Mariani, *La Corporeità. Il Ruolo delle Scienze Umane*, ETS, Pisa, 2011.
- O'Regan J.K., Rensink R.A., Clark R.A. (1999), "Blindness to scene changes caused by "mudsplashes"", *Nature*, 398, p. 34.
- Peacocke C. (2001), "Does perception have a nonconceptual content?", *Journal of Philosophy*, 98, pp. 239-264.
- Peruzzi A. (2004), *Il significato inesistente: lezioni sulla semantica*, Firenze University Press, Firenze.
- Piattelli Palmarini M. (2008), *Le scienze cognitive classiche. Un panorama*, Einaudi, Torino.
- Prinz J. (2003), "Emotions Embodied", in R. Solomon, *Thinking about Feeling*, Oxford University Press, New York, pp. 1-14.
- Pulvermuller F., Shtyrov Y., Imoniemi R. (2005), "Brain signatures of meaning access in action word recognition", *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17, pp. 884-892.
- Rizzolatti G., Arbib M. (1998), "Language within our grasp", *Trends in Neurosciences*, 21, pp.188-194.
- Rizzolatti G., Matelli M. (2003), "Two different streams form the dorsal visual system: anatomy and functions", *Exp Brain Res*, 153, pp.146-157.

- Rizzolatti G., Sinigaglia C. (2010), “The functional role of the parieto-frontal mirror circuit: interpretations and misinterpretations”, *Nat. Rev.Neurosci*, 11, pp. 264-274.
- Rizzolatti G., Sinigaglia C. (2006), *So quel che fai. Il cervello che agisce e i neuroni specchio*, Raffaello Cortina, Milano.
- Rowlands M. (1999), *The Body in Mind: Understanding Cognitive Processes*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Rowlands, M. (2010), *The New Science of the Mind. From Extended Mind to Embodied Phenomenology*, The MIT Press, Cambridge (MA).
- Rumelhart D.E. (1989), “The Architecture of the Mind: A Connectionist Approach”, in M.I. Posner (a cura di), *Foundations of Cognitive Science*, The MIT Press, Cambridge (MA), pp. 133-159.
- Scorolli C., Borghi A. (2007), “Sentence comprehension and action: Effector specific modulation of the motor system”, *Brain Research*, 1130, pp. 119-124.
- Shapiro L. (2011), *The Embodied Mind*, Routledge, New York.
- Shaw R. E., Turvey M., Mace W. M. (1982), “Ecological Psychology. The consequence of a commitment to realism”, in D. Palermo, *Cognition and the Symbolic Processes*, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale (NJ), pp. 159-226.
- Simons D., Chabris C. (1999), “Gorillas in our Midst: Sustained Inattentional Blindness for Dynamic Events”, *Perception*, 28, pp. 1059-1974.

- Simons D. J., Levin D. T. (1998), “Failure to detect changes to people during a real-world interaction”, *Psychonomic Bulletin and Review*, 5, 4, pp. 644-649.
- Sinigaglia C. (2008), “Enactive understanding and motor intentionality”, in F. Morganti, A. Carassa, G. Riva (eds.) *Enacting Intersubjectivity: A Cognitive and Social Perspective to Study of Interactions*, IOS Press, Amsterdam, pp. 17-32.
- Skinner B.F. (1957), *Verbal Behavior*, Copley Publishing Group, Acton (MA).
- Smolensky P. (1988), “On the Proper Treatment of Connectionism”, *Behavioral and Brain Sciences*, 11, pp. 1-74.
- Sur M., Angelucci A., Sharma J. (1999), “Rewiring cortex: the role of patterned activity in development and plasticity of neocortical circuits”, *Journal of Neurobiology*, 41, 1, pp. 33-43.
- Tettamanti M., Buccino G., Saccuman M. C., Gallese V., Danna M., Rizzolatti G., Cappa S. (2005), “Listening to action-related sentences activates fronto-parietal motor circuits”, *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17, pp. 273-281.
- Thompson E. (2007), *Mind in Life: Biology, Phenomenology, and the Sciences of Mind*, Harvard University Press, Cambridge (MA).
- Thomson E., Palacios A., Varela F. (2002), “Ways of Coloring: Comparative Vision as a Case Study”, in A. Noë & E. Thomson (a cura di), *Vision and Mind*, The MIT Press, Cambridge (MA), pp. 351-418.
- Thomson E., Varela F. (2001), “Radical Embodiment: Neural Dynamics and Consciousness”, *Trends in Cognitive Science*, 5, pp. 418-425.

Tomasello M. (2008), *Origins of Human Communication*, The MIT Press, Cambridge (MA).

Tucker M., Ellis R. (1998), “On the Relations between Seen Objects and Components of Potential Actions”, *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24, pp. 830-846.

Turing A. (1950), “Computing Machinery and Intelligence”, *Mind*, 59, pp. 433-60.

Turvey M.T., Shaw R.E., Reed E.S., Mace W.M. (1981), “Ecological Laws of Perceiving and Acting: In Reply to Fodor and Pylyshyn”, *Cognition*, 9, pp. 237-304.

Uttal W.R. (2001), *The New Phrenology. The Limits of Localizing Cognitive Processes in the Brain*, The MIT Press, Cambridge (MA).

Van Gelder (1998), “The Dynamical Hypothesis in Cognitive Science”, *Behavioral and Brain Sciences*, 21, pp. 615-65.

Van Gelder T. (1995), “What Might Cognition Be, If Not Computation”, *Journal of Philosophy*, 92, pp. 345-81.

Varela F., Thomson E., Rosh E. (1991), *The Embodied Mind*, The MIT Press, Cambridge (MA). Trad. It. *La via di mezzo della conoscenza*, Feltrinelli, Milano, 1992.

von Helmholtz H. (1867), “Handbuch der Physiologischen Optik” [Handbook of Physiological Optics or Treatise on Physiological Optics], Leopold Voss, Leipzig.

-
- Wheeler M. (2005), *Reconstructing the Cognitive World*, The MIT Press, Cambridge (MA).
- Wilson R. (2004), *Boundaries of the Mind: The Individual in the Fragile Sciences*, Cambridge University Press, New York.
- Wilson R.A., Clark A. (2009), “How to Situate Cognition: Letting Nature Take its Course”, in *The Cambridge Handbook of Situated Cognition*, M. Aydede and P. Robbins (eds.), Cambridge University Press, New York, pp. 55-77.
- Wittgenstein L. (1953), *Philosophische Untersuchungen*, Trad. it. *Ricerche filosofiche*, , Einaudi, Torino, 2009.
- Young G. (2006), “Are different affordances subserved by different neural pathways?”, *Brain and Cognition*, 62, pp. 134-142.
- Zipoli Caiani S. (2013), “Extending the Notion of Affordance”, *Phenomenology and the Cognitive Sciences* [DOI: 10.1007/s11097-013-9295-1].

AphEx.it è un periodico elettronico, registrazione n° ISSN 2036-9972. Il copyright degli articoli è libero. Chiunque può riprodurli. Unica condizione: mettere in evidenza che il testo riprodotto è tratto da www.aphex.it

Condizioni per riprodurre i materiali --> Tutti i materiali, i dati e le informazioni pubblicati all'interno di questo sito web sono "no copyright", nel senso che possono essere riprodotti, modificati, distribuiti, trasmessi, ripubblicati o in altro modo utilizzati, in tutto o in parte, senza il preventivo consenso di AphEx.it, a condizione che tali utilizzazioni avvengano per finalità di uso personale, studio, ricerca o comunque non commerciali e che sia citata la fonte attraverso la seguente dicitura, impressa in caratteri ben visibili: "www.aphex.it". Ove i materiali, dati o informazioni siano utilizzati in forma digitale, la citazione della fonte dovrà essere effettuata in modo da consentire un collegamento ipertestuale (link) alla home page www.aphex.it o alla pagina dalla quale i materiali, dati o informazioni sono tratti. In ogni caso, dell'avvenuta riproduzione, in forma analogica o digitale, dei materiali tratti da www.aphex.it dovrà essere data tempestiva comunicazione al seguente indirizzo (redazione@aphex.it), allegando, laddove possibile, copia elettronica dell'articolo in cui i materiali sono stati riprodotti.

In caso di citazione su materiale cartaceo è possibile citare il materiale pubblicato su AphEx.it come una rivista cartacea, indicando il numero in cui è stato pubblicato l'articolo e l'anno di pubblicazione riportato anche nell'intestazione del pdf. Esempio: Autore, *Titolo*, <<www.aphex.it>>, 1 (2010).
