

I lettori che desiderano informarsi sui libri e le riviste da noi pubblicati possono consultare il nostro sito Internet: www.francoangeli.it e iscriversi nella home page al servizio “Informatemi” per ricevere via e.mail le segnalazioni delle novità o scrivere, inviando il loro indirizzo, a “FrancoAngeli, viale Monza 106, 20127 Milano”.

Eleonora Buiatti

Forma Mentis

Neuroergonomia sensoriale
applicata alla progettazione

Serie di architettura e design
FRANCOANGELI

a Caroline e Franco

Cura grafica: Lorenzo Battaglia e Marco Cabras

Copyright © 2014 by FrancoAngeli s.r.l., Milano, Italy.

L'opera, comprese tutte le sue parti, è tutelata dalla legge sul diritto d'autore. L'Utente nel momento in cui effettua il download dell'opera accetta tutte le condizioni della licenza d'uso dell'opera previste e comunicate sul sito www.francoangeli.it.

Indice

Prefazione di <i>Jaime Gomez-Ramirez</i>	pag.	9
Introduzione	»	11
1. La mente sensoriale	»	13
1.1. L'equilibrio dinamico dei processi sensoriali	»	13
1.2. Le realtà multisensoriali	»	14
1.3. La realtà dell'uomo: un mondo di mezze misure	»	16
1.4. Il cervello multisensoriale	»	18
1.5. L'apparato sensoriale	»	20
1.5.1. I recettori sensoriali	»	24
1.6. La sensorialità e gli artefatti	»	25
1.7. <i>L'affordance</i>	»	26
1.7.1. <i>L'affordance</i> naturale	»	27
1.8. Progettare per la mente	»	31
1.8.1. <i>L'affordance</i> cognitiva	»	32
1.8.2. Il significato nei sensi	»	35
1.8.3. Il feedback tra informazione e azione	»	36
1.8.4. Istruzioni concettuali per la fase metaprogettuale	»	37
2. La mente visiva	»	50
2.1. La visione adattiva	»	50
2.2. Il cervello visivo	»	52
2.2.1. I principi di organizzazione visiva	»	53
2.3. Dall'occhio al cervello	»	61
2.4. L'apparato visivo	»	64
2.4.1. Il fenomeno della macchia cieca	»	65
2.4.2. La fovea	»	67
2.4.3. I movimenti oculari	»	68

2.4.4. I coni e i bastoncelli	pag.	72
2.5. Progettare per la vista	»	76
2.5.1. L' <i>affordance</i> visiva	»	76
2.5.2. Il significato nella vista	»	78
2.5.3. Il feedback visivo	»	79
2.6. Tecniche e strumenti di supporto progettuale all'analisi della percezione visiva	»	80
2.6.1. L' <i>eye tracking</i> mentale	»	80
2.6.2. Lo strumento <i>eye tracking</i>	»	83
2.6.3. Strategie di posizionamento dei colori	»	91
3. La mente uditiva	»	94
3.1. L'ascolto adattivo	»	94
3.2. Il cervello uditivo	»	96
3.2.1. Ecolocalizzazione: un altro modo di udire il mondo	»	99
3.3. I principi di organizzazione percettivo-uditivi	»	104
3.4. Dall'orecchio al cervello	»	107
3.4.1. Il ritmo e la risposta motoria	»	110
3.5. L'apparato uditivo	»	111
3.5.1. La localizzazione della sorgente	»	112
3.5.2. L'orecchio medio	»	114
3.6. Progettare per l'udito	»	118
3.6.1. L' <i>affordance</i> sonora	»	119
3.6.2. Il significato nel suono	»	121
3.6.3. Tecniche e strumenti di supporto progettuale all'analisi sonora	»	123
3.6.4. Gli strumenti di supporto all'analisi sonora	»	129
4. La mente tattile	»	134
4.1. Il tatto adattivo	»	134
4.2. Il cervello tattile	»	135
4.2.1. Il tatto per procura	»	137
4.3. I principi di organizzazione tattile	»	139
4.3.1. Il rapporto figura/sfondo a livello tattile	»	140
4.3.2. Il completamento tattile	»	141
4.4. Dal corpo al cervello	»	145
4.4.1. Il sistema somatosensoriale	»	145
4.5. L'apparato tattile	»	147
4.5.1. I recettori tattili	»	148
4.5.2. Informazioni al sistema neurale centrale	»	151
4.5.3. Vie neurali ascendenti	»	152
4.6. Progettare per il tatto	»	153

4.6.1. L' <i>affordance</i> tattile	pag.	154
4.6.2. Il significato nel tatto	»	156
4.6.3. Tecniche e strumenti di supporto progettuale all'analisi tattile	»	161
4.6.4. Gli strumenti di supporto all'analisi tattile	»	162
5. La mente olfattiva	»	166
5.1. L'olfatto adattivo	»	166
5.2. Il cervello olfattivo	»	167
5.3. I principi di organizzazione olfattiva	»	172
5.4. Dal naso al cervello	»	174
5.5. L'apparato olfattivo	»	175
5.5.1. L'epitelio olfattivo	»	176
5.5.2. I recettori olfattivi	»	176
5.5.3. I bulbi olfattivi	»	177
5.5.4. Il nervo trigemino	»	178
5.6. Progettare per l'olfatto	»	179
5.6.1. L' <i>affordance</i> olfattiva	»	179
5.6.2. Il significato nell'odore	»	182
5.6.3. Il feedback olfattivo	»	183
5.7. Tecniche e strumenti di supporto progettuale all'analisi olfattiva	»	184
5.7.1. I test olfattivi	»	188
5.7.2. Gli strumenti di supporto all'analisi olfattiva	»	191
6. La mente gustativa	»	194
6.1. Il gusto adattivo	»	194
6.2. Il cervello gustativo	»	195
6.3. I principi di organizzazione gustativa	»	197
6.4. Dalla lingua al cervello	»	198
6.4.1. I recettori gustativi	»	199
6.4.2. Informazioni al sistema neurale centrale	»	201
6.5. Progettare per il gusto	»	202
6.5.1. L' <i>affordance</i> gustativa	»	202
6.5.2. Il significato nel gusto	»	203
6.6. Tecniche e strumenti di supporto progettuale all'analisi gustativa	»	208
6.6.1. Gli strumenti di supporto all'analisi gustativa	»	209
Postfazione di <i>Flaviano Celaschi</i>	»	211
Bibliografia di riferimento	»	218

Prefazione

di Jaime Gomez-Ramirez*

A livello psicologico, la percezione può essere definita come il processo di trasformazione dell'informazione sensoriale nelle rappresentazioni interiori per guidare la cognizione e l'azione.

Secondo l'approccio ecologico, i sistemi percettivi sono brillanti apparati capaci di sviluppare un accoppiamento adattativo con l'ambiente, generando strutture dinamiche di aggregazioni plastiche, che si avvantaggiano dei vincoli locali in modo opportunistico. La percezione è, così, il processo attivo che raccoglie invarianti, piuttosto che il processo passivo di invarianti che stimolano le superfici sensitive.

L'influenza e l'impatto degli apparati tecnologici che condizionano il nostro stile di vita sono incommensurabili. Apprendimento, istruzione, impiego e tutto ciò che è finalizzato al benessere nelle società moderne, sono modellati da artefatti che risuonano con la mente umana in modi complessi. La sfida per i designer, per i progettisti e per gli ingegneri consiste nel generare artefatti che non solo svolgano una funzione specifica, massimizzando i requisiti costo-beneficio, ma nel produrre oggetti che stimolino, guidino e migliorino i nostri sensi.

Eleonora Buiatti ha introdotto, in modo lieve e acuto, un argomento di somma importanza. La neuroergonomia cognitiva è una pratica scientifica la cui metodologia e procedura rappresentano una formidabile risorsa, sia per i consumatori, sia per le compagnie interessate al miglioramento delle qualità sensoriali dei loro prodotti. Un argomento realmente interdisciplinare che trae

* Dal 2008, Jaime Gomez-Ramirez è co-direttore del *Journal of Mind Theory*. Le sue ricerche sui processi cognitivi mostrano un particolare interesse verso le radici filosofiche che rappresentano l'origine delle neuroscienze. L'opera che meglio racchiude il suo pensiero, *A New Foundation for Representation in Cognitive and Brain Science*, è stata pubblicata da Springer nel 2014 e costituisce una struttura teorica di comune utilizzo per matematici, filosofi e scienziati cognitivi. Attualmente, Jaime Gomez-Ramirez svolge attività di ricerca presso il Dipartimento di Psichiatria dell'Università del Wisconsin – Madison. jgomezamire@wisc.edu.

sviluppi sinergici per provare a capire il funzionamento del cervello in relazione alle tecnologie e il loro funzionamento nel mondo reale. Questo libro trasmette la *forma mentis* necessaria per capire un messaggio molto importante: la creatività non è più una prerogativa di leader innovativi o di innovatori dirompenti, ma di un aspetto inevitabile di adattamento a un ambiente variabile e complesso.

Introduzione

L'apparire unico del nostro pensiero è frutto di un percorso evolutivo lungo e complesso che ci porta ad avere l'illusione di possedere una sola mente. La mente sensoriale è una delle nostre menti per la quale aree cerebrali, distinte e specializzate, elaborano ad altissima velocità migliaia di informazioni per poi giungere alla selezione delle più importanti, e, quindi, alla creazione di un'unica realtà. Allo stesso modo, i nostri sensi, diversi per natura e struttura, si compongono e dialogano tra loro in un unico percepito: il mondo contingente. Ognuno di noi è un elaboratore, frutto di adattamento e di exadattamento generatosi in centinaia di migliaia di anni, di generazione in generazione, di ambiente in ambiente. In questo libro, la mente sensoriale è scomposta nelle sue funzioni principali nell'intento di valutarne la consistenza evolutiva e fisiologica. I nostri cinque sensi non sono registratori passivi, ma frutto dell'interazione tra moduli mentali che dialogano tra loro e in cui ogni impulso sensoriale diventa esso stesso sincretico con tutti gli altri: un mondo di suoni, di colori e di sensazioni dove sinestesie e integrazioni creano la variopinta realtà multisensoriale nella quale agiamo.

Partire da tutto ciò è una base fondamentale per pensare, creare e comunicare artefatti per le menti sensoriali altrui. La mente sensoriale ha limiti che diventano vincoli progettuali e capacità che diventano opportunità creative.

Il primo capitolo del libro è incentrato sugli aspetti fondamentali che caratterizzano il cervello multisensoriale nei suoi aspetti evolutivi, intesi come radici concettuali per il metaprogetto. Successivamente, dal secondo al sesto capitolo, approfondiremo in ognuno, un senso, non per evidenziarne la separazione ma per comprenderne le magnifiche integrazioni che la nostra mente è in grado di operare. Il sé e l'altro, la realtà e la creatività viaggiano sullo stesso pentagramma compositivo da cui nasce la sinfonia della nostra esistenza. Così, come in un'orchestra, ogni strumento ha il suo suono, ma è l'insieme dei suoni che produce la musica del nostro pensiero.

La concretizzazione di questo libro si avvale del contributo di molte persone che, nel corso della sua composizione, mi hanno sostenuta e aiutata. Sono felice di ringraziare, innanzitutto, le persone a me care: Francesco, per avermi sempre aggiornata sulle scoperte scientifiche del settore e per essermi stato vicino, anche nei momenti più difficili; Myriam, per avermi confidato la sua affettuosa disponibilità per le correzioni di questo testo; Davide, per i suoi preziosi suggerimenti e consigli; Valentine, per avermi concesso di dedicare più tempo a questo lavoro; i miei figli, per avermi compresa e tollerata e tutti gli amici, che mi hanno costantemente incitata a non demordere. Un sentito ringraziamento va ai colleghi del Politecnico di Torino, il cui apporto intellettuale è stato fondamentale nell'ambito di molte delle ricerche qui esposte; ringrazio, inoltre, Flaviano Celaschi e Jaime Gomez-Ramirez per l'indispensabile partecipazione a questo volume. Infine, agli studenti del Dipartimento di Architettura e Design (DAD) va il mio riconoscimento per il supporto delle tesi di laurea e dei lavori svolti insieme durante i corsi.

Si ringraziano inoltre tutti coloro che hanno concesso l'autorizzazione per la riproduzione delle immagini, in particolare il prof. Andrea Frova per la cortese attenzione accordatami.

Eleonora Buiatti
eleonora.buiatti@polito.it

1. La mente sensoriale

1.1 . L'equilibrio dinamico dei processi sensoriali

I nostri sensi rappresentano l'origine di quel processo di adattamento in continuo equilibrio dinamico che ci permette di sopravvivere e di interagire con il mondo. Il concetto di equilibrio dinamico è alla base della vita stessa: un organismo sopravvive perché riesce a mantenere un equilibrio tra l'energia che accumula e quella che consuma, allo stesso modo una specie sopravvive perché riesce a mantenere un equilibrio tra le risorse disponibili e il consumo che ne fa. Un organismo vivente, quindi, per creare un equilibrio di tal fatta, deve continuamente trovare nuove soluzioni che possano portarlo a ottimizzare il consumo delle risorse oppure ad adattarsi per poterne consumare di nuove. Su questo dinamismo si fonda il concetto di esistenza ed è su questo stesso principio che si regola l'attività dei nostri sensi. Quest'ultima, attraverso l'elaborazione operata dal cervello, è volta continuamente all'ottimizzazione del nostro interagire con il mondo e con gli artefatti. Benché l'equilibrio dinamico sia il risultato di continue mutazioni che avvengono tanto internamente quanto esternamente ai nostri corpi, la mente cerca invarianti e modelli per orientarsi. Ciò favorisce la percezione di una realtà in cui le forme, i materiali, le illuminazioni e l'angolazione degli oggetti del mondo giungono a noi mescolati alla rinfusa, ma sono subitaneamente "ordinati" per farci vedere un'unica forma, con un solo colore, con una precisa angolazione sotto una determinata luce (Pinker 1997). Questa sorprendente facoltà di "ricombinazione" non va relegata alla sola percezione visiva, ma si deve estendere alla grande capacità multisensoriale del nostro cervello, che vede intersecarsi continuamente sensi apparentemente distinti per rispondere congiuntamente o alternativamente all'elaborazione della realtà. Siamo in grado di conferire un significato a ciò che percepiamo e siamo convinti, per istinto, di cogliere un aspetto differente del mondo in virtù del senso che utilizziamo: crediamo di ascoltare un racconto con le orecchie, di gustare un cibo con la lingua, di orientarci in uno spazio con gli occhi. Invece, quando l'informazione sensoriale raggiunge il cervello, a

conferirle un significato è l'attività collaborativa, continua e simultanea di aree sensoriali molto diverse. Nell'ascoltare un discorso non ci accorgiamo di quanto il movimento labiale del nostro interlocutore incida sulla comprensione di ciò che "sentiamo", così come non rileviamo i suoni riflessi che concorrono a farci orientare meglio in un ambiente o non ci rendiamo conto che il colore di una bevanda contribuisce a determinarne il sapore. Ascoltare gli ambienti che occupiamo, comprendere la provenienza degli odori, gustare con la vista o toccare con i suoni, rappresentano tutti esempi di questo mondo multisensoriale che non è al di fuori, ma dentro la nostra mente (Roseblum 2010).

È stupefacente rilevare quanti aspetti ci accomunano agli altri esseri viventi, così come è altrettanto affascinante scoprire quante micro-varianti adattive sono state messe in pratica non soltanto tra le diverse specie, ma anche all'interno della stesse: ecolocalizziamo analogamente ai pipistrelli, sentiamo gli odori in modo simile a quello dei cani, abbiamo una vista tridimensionale come quella degli scimpanzé, e molto altro ancora. Tuttavia, ogni specie presenta modelli di organizzazione sensoriale differenti e capacità di astrazione adeguate al proprio ambiente. Diventa pertanto fondamentale comprendere le priorità evolutive che, nell'uomo, ne hanno determinato abilità specifiche, operando una prima categorizzazione "per funzioni" in risposta a un preciso contesto adattivo.

1.2. Le realtà multisensoriali

I sensi concorrono continuamente a persuaderci che qualcosa esiste davvero, che ciò che percepiamo è "reale". Questa ingegnosa attività non è esclusiva degli esseri umani, ma di ogni singola specie presente sulla terra che, per il solo fatto di esistere, si rivela adeguata alla propria "realtà". Così, se consideriamo l'enorme varietà del mondo vivente¹ e le sue infinite possibilità di mutazione, possiamo facilmente inferire che esistono tante "realtà" almeno quante sono le specie che lo compongono (Dawkins 2011). Le innumerevoli e differenti soluzioni percettive, selezionate dall'evoluzione per ogni singola specie, mettono in luce come ogni essere vivente si sia evoluto per sfruttare un particolare tipo di risorse in un determinato ambiente o "nicchia"². In quest'ottica, il sistema per-

¹ Le specie esistenti note agli scienziati sono circa 1,5 milioni, ma sembra che molte siano ancora da scoprire e, queste ultime, comprenderebbero una cifra che va dai 2 agli 8 milioni di specie, appartenenti a tutti i regni del vivente (Bellone 2013, p. 28).

² L'idea di "nicchia" (dal latino *nidus*) intesa come cavità o incavo la cui funzione è quella di accoglienza e di protezione, include un aspetto portante del processo evolutivo, rimandando a quella condizione di separazione e di isolamento, spesso di tipo geografico, che ha visto popolazioni, anche molto prossime, allontanarsi le une dalle altre e dare avvio a una vita evolutiva autonoma. Questo rappresenta il contesto grazie al quale è iniziato il processo di ramificazione che ha dato origine a tutte le specie presenti sul pianeta (Dawkins 2011).

cettivo rappresenta parte di un meccanismo atto ad individuare soluzioni utili alla sopravvivenza, all'interno di una specifica nicchia di appartenenza, in cui specie viventi condividono strumenti e modalità di uso di questi, concentrando soluzioni simili ai medesimi problemi.

Se la diversità contiene già di per sé un'infinita gamma di brillanti soluzioni adattative, è innanzitutto nell'aggregazione di tale diversità che possiamo individuare le "invenzioni" altamente creative volte alla conservazione. Sappiamo, infatti, che molti organismi sono in grado di mutare più volte durante il loro sviluppo. Tali mutazioni comprendono, spesso, livelli più vicini alla "metamorfosi" che a un vero e proprio processo lineare di crescita. Quello che varia sembra essere la velocità della mutazione piuttosto che l'entità della stessa. Anche la metamorfosi fisica che compie l'essere umano fa sì che riconoscerci da adulti nelle nostre foto da bambini richieda una capacità di astrazione molto elevata. Gli elementi biologici si adattano costantemente alle esigenze scaturite dalla nicchia, pur mantenendo funzioni simili. Basti pensare che le zone visive del nostro cervello si ri-mappano completamente circa sette volte durante la nostra crescita per seguire l'aumento delle dimensioni del volto e il conseguente allontanamento degli occhi. Solo attraverso queste continue mutazioni l'essere umano può mantenere la percezione visiva binoculare, elemento basilare della visione in tre dimensioni.

Il tasso di metamorfosi anche di un solo organo implica che vi sia una struttura fisica in grado di supportarlo. Lo stesso principio di "riorganizzazione" fa sì che ciò che non sarebbe possibile in termini di dimensioni e di volumi per un essere umano, lo diventa, ad esempio, per un insetto: gli insetti non hanno vertebre e neanche ossa ma la loro pelle secerne un rivestimento esteriore che forma uno scheletro solido, composto di chitina, un rivestimento leggero che svolge attività di supporto e di barriera dall'ambiente esterno e permette a un animale di nascondersi e di proteggersi senza compromettere l'attività di volo. In una comune mosca domestica gli occhi ricoprono quasi tutta la testa e sono composti per la maggior parte da ommatidi che, come dei minuscoli telescopi stretti tra loro, guardano a tutte le direzioni dello spazio; le immagini accurate, puntuali e raccolte in modo indipendente dai singoli ommatidi si raggruppano come le pietre di un mosaico a generare un'immagine globale. Rispetto all'occhio umano con il cristallino e l'immagine che proietta, è un modo diverso di guardare alla realtà, ma non si può giudicare migliore o peggiore, quanto piuttosto funzionale alla scala dimensionale e alle sue necessità di interazione con il proprio ambiente (Von Frisch 1959).

L'acuità olfattiva della mosca, di molto superiore a quella degli esseri umani, si situa a livello delle antenne e consente a questi insetti di raggrupparsi velocemente intorno a un pezzo di carne o a un escremento. I primi recettori del gusto nella mosca sono situati innanzitutto nelle zampe, attraverso cui essa assaggia il cibo, operando una prima selezione strategica che può prevenire l'intossicazione o l'avvelenamento.

Per la maggior parte delle specie di cui oggi siamo a conoscenza, è possibile ipotizzare un modello del mondo guidato e accomodato dai dati sensoriali, ma costruito affinché possa essere funzionale all'interazione con l'ambiente circostante. In quest'ottica, "reale" assume un significato multiforme, in quanto la natura del modello è intimamente correlata al tipo di animale che lo percepisce: un animale che vola ha bisogno di un tipo di modello differente rispetto a quello di un animale che cammina o nuota. Il cervello di una scimmia deve possedere un software capace di simulare un mondo tridimensionale di rami e di tronchi, come il software di una talpa sarà adeguato a un mondo buio e sotterraneo (Vannoni 2009).

"Reale" per un animale è qualsiasi cosa di cui il suo cervello necessita per assisterlo nella sua sopravvivenza e siccome specie diverse vivono in mondi differenti, la varietà di "realtà" può assumere dimensioni sconcertanti. La natura del modello appare governata da come questo deve essere impiegato, piuttosto che dal modello sensoriale utilizzato (Pinker 1997). Ogni specie ha quindi evoluto un meccanismo di elaborazione dell'informazione designato a risolvere i propri specifici problemi all'interno di una determinata nicchia di riferimento.

1.3. La realtà dell'uomo: un mondo di mezze misure

Il biologo evolucionista Richard Dawkins considera il processo evolutivo dell'uomo nella sua imprescindibile interazione con la materia. In quest'ottica, il cervello umano si sarebbe evoluto in funzione degli ordini di magnitudine, di grandezza e di velocità in cui operano i nostri corpi. Anche se percepiamo come "solidi" oggetti quali cristalli e rocce, questi sono tali soltanto all'apparenza: infatti, se ci soffermiamo a pensare alla smisurata distanza che caratterizza lo spazio vuoto tra gli elettroni e il nucleo all'interno degli atomi, dobbiamo chiederci perché l'uomo percepisca gli aspetti di "solidità", di "durezza" e di "impenetrabilità" degli oggetti. Così, afferma Dawkins: *"Se un neutrino avesse un cervello che si fosse evoluto da antenati della taglia di un neutrino, esso direbbe che le rocce consistono realmente in uno spazio vuoto"* (Dawkins 2007).

Allo stesso modo, anche se le nostre vite sono governate dalla gravità, non risentono in modo particolare della forza della tensione superficiale. Un piccolo insetto ha, invece, priorità opposte. Dawkins definisce un "mondo di mezze misure" l'ambiente di medie dimensioni in cui l'uomo ha evoluto abilità specifiche per interagire con una "realtà" che gli è propria. Per gli esseri umani il mondo di mezze misure è rappresentato dalla gamma di taglie e di velocità con cui ci sentiamo istintivamente a nostro agio, perché è con queste che ci siamo evoluti. L'uomo è consapevole di un ricco campo di sensazioni: i colori e le forme del mondo che lo circondano, i suoni e gli odori che lo avvolgono, le pressioni e i dolori della pelle, delle ossa e dei muscoli, a cui si aggiungono anche gli aspetti emotivi che possono rendere una sensazione "piacevole" o "spiacevole", "eccitante" o "rilassante", e

molto altro ancora. Tuttavia, è sufficiente pensare alla ristretta gamma dello spettro elettromagnetico che percepiamo come luce di colori differenti, restando ciechi alle frequenze al di fuori di questo, a batteri troppo piccoli o a galassie troppo lontane per essere osservate con il solo occhio nudo, per comprendere che sono moltissime e spesso insospettabili le cose del mondo che, invece, non percepiamo. Il nostro mondo uditivo è limitato e non ci permette di accedere a frequenze troppo basse: non possiamo sentire gli infrasuoni³ ampiamente presenti nel nostro ambiente e prodotti da comuni dispositivi quali condizionatori d'aria, bollitori, aeroplani e automobili, ma anche dalle vibrazioni della terra (fattore per cui si ipotizza che alcuni animali possano avvertire un terremoto imminente attraverso la percezione di frequenze a noi inudibili). Non percepiamo le micro variazioni della temperatura che ci avvolge, così come non sentiamo molte sfumature del sapore dei cibi che gustiamo. Il mondo di mezze misure rappresenta la ristretta gamma di realtà che giudichiamo essere “normale”, contrapponendola all'inafferrabilità del molto piccolo, del molto grande o del molto veloce (Dawkins 2007). Diviene evidente come, in un'ottica evolutiva, la tendenza alla vita non sia mai verso una maggiore complessità, quanto piuttosto verso un livello di adattamento ottimale. Nell'uomo, il cervello e l'organizzazione delle relative capacità sensoriali si presentano come una delle soluzioni adattive possibili a questo mondo di mezze misure. In quest'ottica, anche l'accesso all'informazione sensoriale appare situarsi a livelli intermedi di consapevolezza: durante il processo di elaborazione visiva, ad esempio, non percepiamo la prima attività dei coni e dei bastoncelli presenti nella retina, quanto piuttosto un livello intermedio fatto di bordi, di profondità e di superfici, fino al riconoscimento degli oggetti; non comprendiamo il linguaggio a partire dal suono grezzo, ma attraverso rappresentazioni di sillabe, di parole e di frasi, che ci portano gradualmente alla comprensione del contenuto di un messaggio (Jackendoff 1987). Non siamo soltanto inconsapevoli dei livelli inferiori della sensazione, ma anche i livelli di rappresentazione superiori non appaiono essere toccati dalla nostra consapevolezza immediata: il livello superiore, come i contenuti del mondo o il significato di un testo, tende a fissarsi nella memoria a lungo termine giorni e anni dopo un'esperienza, ma, mentre l'esperienza è in corso, ciò di cui siamo consapevoli scaturisce da visioni e da suoni (Pinker 1997). Il risultato di un'analisi testuale non contiene quell'insieme di sfumature paralinguistiche, fatte ad esempio di tonalità e di ritmo della voce, che da un lato ci permettono di ascoltare “fra le righe”, dall'altro lato lasciano una traccia emotiva che accompagna i nostri ricordi di quel testo. Pertanto, se i livelli inferiori non sono necessari a livello cosciente, quelli superiori non potrebbero sussistere senza un'elaborazione intermedia.

³ L'infrasuono è un suono a frequenze più basse di quelle udibili dall'orecchio umano, circa al di sotto dei 20Hz.

Ciò che percepiamo e, di conseguenza, ciò che comprendiamo, è il risultato di una scelta, di un processo selettivo e di trasformazione che rende la realtà diversa da ciò che è, ma utilizzabile dalla nostra mente e dal nostro corpo. La maggior parte di queste modificazioni avvengono al di sotto del nostro livello di consapevolezza, grazie a processi automatizzati la cui origine è imputabile, in maniera diretta, all'architettura fisiologica del nostro encefalo.

1.4. Il cervello multisensoriale

È sufficiente mettere a confronto il cervello umano con quello di una scimmia generica per renderci conto di come, a livello evolutivo, le ristrutturazioni di questo organo siano progredite in favore di uno sviluppo sensoriale adeguato al nostro ambiente: i bulbi olfattivi, responsabili del senso dell'olfatto, si sono ridotti a un terzo della dimensione di quella dei primati e le aree corticali, adibite alla visione e al movimento, si sono anch'esse contratte. A livello di sistema visivo, la corteccia visiva primaria, in cui ha luogo la primissima elaborazione dell'informazione, occupa una parte minore nel cervello mentre si sono ingrandite le aree più tardive responsabili dell'elaborazione di forme più complesse; lo stesso vale per le aree temporo-parietali che conducono l'informazione visiva verso le regioni del linguaggio e concettuali.

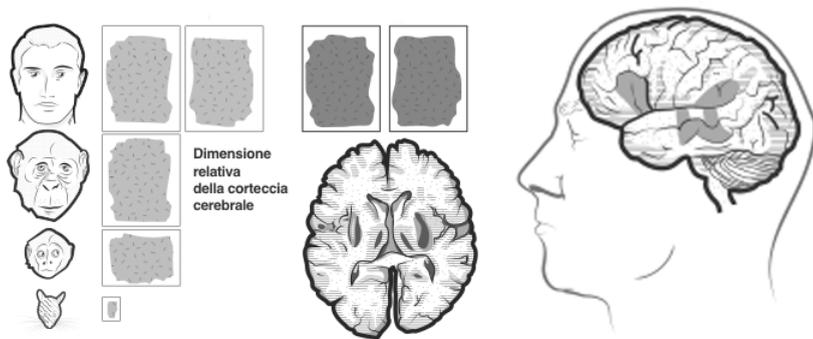


Fig. 1.1 – A sinistra le dimensioni relative della corteccia cerebrale se fosse distesa: quella umana occuperebbe quattro fogli di carta da lettere, quella di uno scimpanzé un solo foglio, quella di una scimmia non antropomorfa sarebbe delle dimensioni di una cartolina e quella di un ratto di quelle di un francobollo. Al centro si può notare l'asimmetria che caratterizza il cervello umano. A destra, l'immagine mostra le aree coinvolte sia nell'ascolto del linguaggio parlato, sia nella produzione di movimenti della faccia e della bocca: queste aree interessano la regione sinistra della corteccia cerebrale

Come mostra l'immagine (fig.1.1), sono cresciute le aree inerenti all'udito e alla comprensione del parlato mentre i lobi frontali, responsabili del pensiero

deliberato e della pianificazione, si sono sviluppati fino a diventare due volte più grandi di quelli che un primate delle nostre dimensioni dovrebbe avere. Se i cervelli delle scimmie mostrano asimmetrie irrilevanti, il cervello umano, in modo particolare per le aree destinate al linguaggio, è così asimmetrico che i due emisferi si possono distinguere chiaramente per la loro forma (Pinker 1997).

La percezione multisensoriale nell'uomo è il risultato di sintesi e di astrazioni successive, che integrano le informazioni provenienti dai singoli sensi in un *continuum* spazio temporale. Negli ultimi anni, gli studi con le tecniche di *neuroimaging*⁴ hanno rilevato che di fronte a una perdita sensoriale, ulteriori aree suppliscono in modo incrociato⁵: l'area visiva, in caso di danneggiamenti relativi a quella uditiva, può rispondere a input sonori e tattili, viceversa, quella uditiva a input tattili e visivi.

In natura nulla è sprecato e la capacità di riconvertire aree cerebrali dimostra che la plasticità del nostro cervello è un elemento dominante, frutto di quell'equilibrio dinamico prodromico di qualsivoglia attività naturale. Anche quando la perdita sensoriale è indotta e temporanea, gli esperimenti con le tecniche di *neuroimaging* evidenziano modifiche significative: bendare una persona per un'ora abbondante prepara la corteccia visiva a rispondere al tatto, acuendo quest'ultima sensibilità; ma è sufficiente una semplice miopia ad accrescere le abilità uditive e spaziali, anche quando i soggetti portano gli occhiali (Désprés *et al.* 2005). Siamo di fronte a ciò che si definisce “neuroplasticità compensatoria”, finalizzata a controbilanciare la benché minima riduzione sensoriale. Ciò conferma le ipotesi più recenti per cui le aree percettive del cervello sarebbero collegate tra loro in un continuo dialogo tra i sensi, anche per quelle aree ritenute, soltanto fino a una decina di anni fa, specifiche di un unico senso. Si presumeva, infatti, che le influenze cross-sensoriali si verificassero in aree superiori del cervello: “*Immaginiamo un pranzo tra amici. In passato si pensava che il suono delle voci altrui venisse registrato nell'area uditiva del cervello e la visione degli interlocutori in quella visiva. Qualsiasi tipo di integrazione dei volti visti con il dialogo ascoltato aveva luogo in aree superiori del cervello*” (Roseblum 2010, trad. it. 2011, p. 406). Oggi è in corso di ridefinizione l'idea a lungo radicata che intendeva l'area percettiva del cervello composta di parti deputate ai singoli sensi. Il cervello sembra piuttosto essere progetta-

⁴ Si definisce *neuroimaging funzionale* l'insieme delle tecniche in grado di misurare il metabolismo cerebrale, al fine di analizzare e comprendere la relazione tra l'attività di determinate aree e funzioni cerebrali specifiche. Mediante queste tecniche, attraverso il rilevamento del comportamento elettrochimico del cervello, si rende possibile l'osservazione diretta delle attività cerebrali, permettendo di valutare quantitativamente le variazioni osservabili. È possibile, pertanto, distinguere tra più tecniche di scansione encefalografica che si differenziano per tecnica di misurazione prevista, ad esempio: PET (*Positron Emission Tomography*), fMRI (*Functional Magnetic Resonance Imaging*), SPECT (*Single Photon Emission*), NIRS (*Near Infrared Spectroscopy*).

⁵ Questa specifica abilità si definisce “flessibilità cross sensoriale dell'area percettiva del cervello” (Roseblum 2010, trad. it. 2011, p. 404).