

**LO STUDIO INTERDISCIPLINARE DEL LINGUAGGIO
E LA SFIDA DELLE NEUROSCIENZE**

Mirko GRIMALDI

1. Linguistica, psicologia e neuroscienze all'interno della rivoluzione cognitiva

Fra i primi appunti del *Corso di linguistica generale*, nel ricapitolare le osservazioni fatte sulle nozioni di 'langue' e 'parole', Ferdinand De Saussure (1916: 25) si soffermava a riflettere:

La lingua, non meno della *parole*, è un oggetto di natura concreta, il che è un gran vantaggio per lo studio. I segni linguistici, pur essendo essenzialmente psichici, non sono delle astrazioni; le associazioni ratificate dal consenso collettivo che nel loro insieme costituiscono la lingua, sono realtà che hanno la loro sede nel cervello.

In queste poche righe sembra preconizzato il percorso che la linguistica seguirà nella seconda metà del Novecento, andando a collocarsi all'interno di quella costellazione di discipline che rappresentano il campo di ricerca delle *scienze cognitive*. Le scienze cognitive non emergono all'improvviso: molti sviluppi preparatori dovevano prima avvenire nel campo dell'informatica, della psicologia e delle neuroscienze (Bechtel, Graham 1998: 6). Solo nell'ultimo stadio di questa lunga gestazione verrà ad inserirsi l'approccio di studio chomskiano, che rivoluzionando la linguistica dall'interno influirà anche direttamente sullo sviluppo di discipline come l'informatica e la psicologia.

Intorno agli anni '50 del secolo scorso, prima un congresso del 1951 presso l'Università dell'Indiana – dove parteciparono psicologi, linguisti, antropologi e informatici – e poi un simposio del 1956 al MIT sulla teoria dell'informazione – dove parteciparono, fra gli altri, lo psicologo George Miller, gli informatici e psicologi Allen Newell e Herbert Simon e il linguista Noam Chomsky – fece maturare fra gli studiosi la sensazione che programmi di ricerca sviluppati indipendentemente stavano convergendo in un'unica direzione. George Miller (1979: 9)¹ ricorda che lasciò quel congresso:

¹ Citato in Bechtel, Graham (1998: 37).

[...] with the strong conviction, more intuitive than rational, that human experimental psychology, theoretical linguistics, and the computer simulation of cognitive processes were all pieces from larger whole, and that the future would see a progressive elaboration and coordination of their shared concerns [...].

Questa convergenza fu anche possibile perché da più parti, e in particolar modo da Noam Chomsky, veniva falsificato il quadro teorico di riferimento di quel periodo, cioè il *comportamentismo* di Watson e Skinner, basato sull'idea che si potessero osservare solo gli *stimoli* a cui un soggetto è sottoposto e le *risposte* che derivavano da questi stimoli: per cui vi sono solo classi di stimoli e classi di risposte e non eventi, rappresentazioni mentali o regole per la loro elaborazione.

Più o meno nello stesso periodo nasceva quella che a partire dagli anni '60 verrà chiamata *intelligenza artificiale*. Lo scopo iniziale era quello di realizzare programmi di computer capaci di prestazioni "intelligenti": giocare a scacchi, risolvere problemi di geometria, ecc. Ma l'obiettivo ultimo era, ed è ancora oggi, quello di replicare il funzionamento del cervello umano: basti pensare alle "reti neurali", con le quali si cerca di replicare alcuni processi cognitivi dell'uomo (vedere, sentire, riconoscere volti, ecc.). Veniva così introdotta l'*idea connessionista*, secondo cui un sistema modella un processo cognitivo ispirandosi a una parte della struttura e ad alcune funzioni del cervello umano².

Mentre discipline come la psicologia e la linguistica contribuiranno alla nascita delle scienze cognitive solo dopo aver subito rivoluzioni interne – e l'intelligenza artificiale doveva essere ancora creata – le neuroscienze avevano già un retroterra più solido e una storia più lunga. L'idea che il cervello non sia solo l'organo dei processi mentali, ma che possa essere suddiviso in sistemi di componenti che eseguono funzioni specifiche differenti è stata una conquista avvenuta già alla fine dell'Ottocento. Da quel momento in poi la sfida delle neuroscienze sarà quella di analizzare le componenti funzionali del cervello e di capire come esse formano un sistema coeso.

Nel 1873, infatti, Camillo Golgi, usando il nitrato d'argento, riuscì ad evidenziare al microscopio la struttura completa del neurone. Tale tecnica consentiva la visione sia del corpo cellulare – all'epoca unica parte del neurone visibile – sia degli assoni e dei dendriti che si diramano dal soma (la parte centrale del neurone). Utilizzando la colorazione di Golgi, Santiago Ramón y Cajal arrivò all'intuizione che assoni e dendriti di neuroni differenti non sono connessi in maniera continua (come invece ipotizzava Golgi), ma comunicano per contatto. La moderna conce-

² Secondo tale approccio la mente dipende dall'esistenza di reti nervose che si auto-organizzano in quanto ogni unità della rete (nel cervello i neuroni) è caratterizzata da un livello numerico di attività che cambia nel tempo in funzione dell'attività delle unità cui è connessa e della "forza" delle connessioni o "nodi". Da questi cambiamenti della rete neurale deriva l'apprendimento di una risposta selettiva – o discriminativa – da parte di una rete. La rete (o circuito locale) si adatterebbe all'ambiente, cioè ne rispecchierebbe le caratteristiche salienti. A differenza di altri modelli dell'apprendimento o della mente, non esiste quindi un programma o regole predefinite (cfr. Oliviero 1999: 154-160).

zione del neurone veniva completata pochi anni più tardi con altre due fondamentali innovazioni teoriche: quella della *sinapsi*, introdotta dal fisiologo inglese Charles Scott Sherrington, e quella della mediazione chimica dell'impulso nervoso, definitivamente accertata nel 1921 grazie agli esperimenti di Otto Loewi³: il neurone quindi rappresenta l'unità funzionale del sistema nervoso, ha la capacità peculiare di eccitarsi trasmettendo impulsi elettrici, e le sue proprietà morfologiche rispecchiano questa peculiare funzione.

Parallelamente a questi risultati, i pionieristici lavori di Broca e Wernicke avevano già messo in luce il collegamento fra strutture cerebrali e facoltà mentali (linguistiche), e per moltissimo tempo le informazioni che provenivano dalle patologie del linguaggio, induttivamente, ci hanno dato informazioni circa le aree e i processi del cervello coinvolti in determinate attività.

Ma dalla fine degli anni '80 in poi tecnologie innovative hanno permesso di monitorare in modo coerente e chiaro l'articolato sistema di connessioni fra le diverse aree della corteccia cerebrale e gli strati inferiori (più antichi) del nostro cervello. Gli strumenti che misurano e fotografano l'attività neurale sono divenuti sempre meno invasivi, e hanno acquisito un'elevata risoluzione nella misurazione dell'attività cerebrale sia a livello temporale che a livello spaziale. Insomma, parallelamente a ciò che veniva in altri settori di ricerca, anche nel variegato settore delle neuroscienze si è andato creando un forte interesse verso questioni che riguardano il rapporto fra linguaggio, cervello e quelli che vengono definiti *processi cognitivi* o *abilità cognitive umane*⁴. L'interesse si è così spostato gradualmente verso le operazioni mentali attraverso cui vengono manipolati *simboli* (o *simbolizzazioni*) identificati con stati nervosi: questi stati e processi nervosi possono essere compresi anche tramite analogia con l'intelligenza artificiale.

Neuroscienze, psicologia, linguistica e informatica non sono gli unici tasselli che andranno a comporre il quadro delle scienze cognitive. In questo complesso filone di studi s'inseriranno altre due discipline: la filosofia, che durante il periodo di maturazione delle scienze cognitive ha giocato un ruolo importante; e l'antropologia, che dimostrando l'esistenza di differenze culturali notevoli nella percezione, nella memoria e in differenti stati cognitivi ha sin dall'inizio trovato un posto fondamentale all'interno di questo settore di ricerca.

Verso la fine degli anni Settanta, quando la Sloan Foundation, nata per supportare la creazione di centri di ricerca in scienze cognitive presso le università, pubblica il suo primo rapporto annuale si legge⁵:

³ La sinapsi è il processo di comunicazione tra i neuroni. Infatti i neuroni devono essere attivati da uno stimolo per produrre impulsi nervosi, cioè onde elettricamente cariche che si muovono lungo le fibre nervose.

⁴ Abilità come apprendimento, attenzione, percezione, memoria, coscienza, emozioni, pensiero, organizzazione concettuale, organizzazione spaziale, problem solving, ecc.

⁵ Citato in Bechtel, Graham (1998: 69). Il corsivo è mio.

Scientists in several disciplines, including psychology, linguists, computer science, and neuroscience, believe that by pooling their diverse knowledge they can achieve a more advanced understanding of human mental processes such as memory, perception, and language. The Particular Program in Cognitive Sciences seek to accelerate this *cross-fertilization* at some of the most promising centers for such research.

Nel rapporto dell'anno successivo il comitato della Loan Foundation asserisce che sulla base di una struttura di interconnessioni riccamente articolata fra i sottodomini di discipline come le neuroscienze, l'informatica, la psicologia, la filosofia, la linguistica e l'antropologia “[...] an autonomous science of cognition has arisen in the past decade [...]”. Questa situazione venne presentata attraverso uno schema, come rappresentato nella *Figura 1*, in cui sei ‘nodi’ rappresentano le principali discipline, mentre le connessioni fra loro indicano le prospettive interdisciplinari:

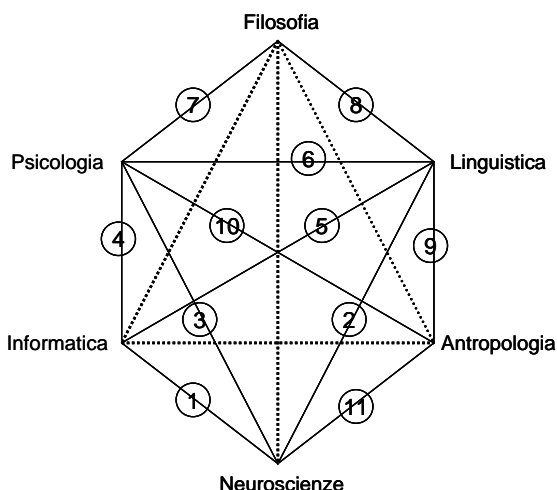


Figura 1: (1) = cibernetica/robotica; (2) neurolinguistica; (3) neuropsicologia; (4) simulazione dei processi cognitivi; (5) linguistica computazionale; (6) psicolinguistica; (7) filosofia della psicologia; (8) filosofia del linguaggio; (9) antropologia linguistica; (10) antropologia cognitiva; (11) evoluzione del cervello. Domini e sottodomini delle scienze cognitive. Le linee continue indicano collaborazioni interdisciplinari che sono già state formalmente sviluppate, le linee tratteggiate indicano collaborazioni potenziali, ma che non sono state ancora sviluppate. Da Bechtel, Graham (1998: 70).

2. Un rapporto complesso

Il quadro appena delineato potrebbe legittimare l'idea che allo stato attuale esista un programma comune in cui, per esempio, le prospettive di ricerca in linguistica, psicologia e neuroscienze siano in qualche modo unificate con l'obiettivo di studiare congiuntamente la natura della conoscenza del linguaggio, i processi di acquisizione, i meccanismi di elaborazione di tale conoscenza e le computazioni neurali implicate in questi processi. Insomma una sorta di programma di ricerca

neurobiologico interdisciplinare che tenti di descrivere il meccanismo di funzionamento del linguaggio umano. Si tratterebbe di un programma riassumibile in una formula tutto sommato semplice: dati dei comportamenti linguistici prodotti da determinati meccanismi cerebrali, ci deve essere un modello teorico che li possa descrivere e un ventaglio sufficiente di tecniche di neuroimmagine che li possa monitorare e analizzare. Se la formula è semplice purtroppo non lo è la relazione fra il livello teorico e quello dell'analisi dell'attività cerebrale. A ciò va aggiunta la constatazione che in entrambe i livelli esistono fra gli studiosi consistenti divergenze di opinioni circa le unità e i procedimenti di analisi fondamentali.

Negli ultimi 15 anni i neuroscienziati per primi – a dimostrazione del vantaggio storico acquisito all'interno degli studi cognitivi – hanno intensificato i loro sforzi in direzione di una sempre più precisa definizione dei processi neurali che controllano il linguaggio e della loro disposizione areale in reti intercomunicanti fra loro. Per fare ciò alcuni studiano le parole, alcuni le frasi, e alcuni i fonemi, altri ancora non studiano unità linguistiche ma attività come parlare, sentire e leggere, ed è complicato trovare un'unità di analisi intorno alla quale far converge un consenso unanime (Grodzinsky 2003: 551). Lo studio del linguaggio presenta una situazione per certi versi unica, se paragonato, per esempio, allo studio del sistema visivo, dove il dibattito esiste, ma non riguarda le unità d'analisi fondamentali. Ma si sa, la facoltà del linguaggio, al contrario della visione, ha la caratteristica unica di combinare liberamente una manciata di suoni senza significato per costruire parole dotate di senso, che instaurano relazioni particolari fra loro producendo le frasi delle lingue. Questa semplice e intuitiva constatazione è anche alla base della perenne inafferrabilità scientifica del linguaggio, che giustifica, in parte, la frammentazione delle direzioni di ricerca appena esposte.

All'interno della ricerca linguistica il più incisivo progresso nella direzione di catturare in un modello biologico la caleidoscopica natura del linguaggio è arrivato proprio dall'approccio chomskiano. Ma ciò è avvenuto pagando un caro prezzo in prospettiva neuroscientifica. Infatti sin dall'inizio la grammatica generativa ha separato teoricamente lo studio delle rappresentazioni linguistiche dai processi neurofisiologici che le producono. Il processo di separazione è stato abbastanza agevole perché basato sull'idea, sviluppata dagli scienziati del XVII secolo, secondo cui gli aspetti del mondo definiti *mentali* altro non sono che il risultato di una struttura organica: il cervello (Chomsky 2004: 3-4). Eliminato così il problema mente-corpo si può considerare mente e cervello come una sola entità, ed essere perciò autorizzati ad inferire sulle sue proprietà fisiche facendo assunzioni teorico-empiriche sul prodotto cognitivo di tali proprietà: nel nostro caso il linguaggio. Da questo punto di vista la Grammatica Universale (GU) sarebbe una proprietà del cervello che si proietta sulla mente.

Dunque, da un lato abbiamo le neuroscienze che pur avendo sviluppato delle metodiche fini per studiare l'architettura del cervello non hanno avuto probabilmente il supporto di un modello teorico del linguaggio che le guidasse nell'impresa:

“La teoria è la Cenerentola delle neuroscienze. I teorici sono i poveri e i diseredati dei grandi centri dove si studia il cervello. [...] Le neuroscienze sono ormai una disciplina ferocemente empirica. Ciò che conta sono i dati, e i dati vengono dagli esperimenti. I dati conferiscono prestigio e potere, costituiscono l’alfa e l’omega di ogni progresso. Ogni volta che si scopre una nuova molecola, ogni svolta che si sviluppa una nuova tecnica per sbirciare all’interno della sinapsi, ogni volta che si genera un animale transgenico, ogni volta che si registra l’attività di uno, dieci, mille neuroni, o i mutevoli addensamenti di attività di intere aree cerebrali nelle mappe meteorologiche del cervello umano in funzione, i neuroscienziati celebrano una vittoria. Negli ultimi anni le vittorie sono state molte e molto importanti.” (Tononi 2003: 25).

Dall’altro abbiamo la linguistica teorica che a un certo punto ha estromesso lo studio neurofisiologico del cervello dal proprio programma di ricerca. Questa situazione – benché molti presupposti di indagine delle due discipline potessero coincidere – ha prodotto paradigmi sperimentali quasi completamente diversi.

C’è da chiedersi: arriveremo a sviluppare teorie sulla conoscenza del linguaggio sempre più sofisticate e dinamiche, e riusciremo a conoscere ogni neurone, forse ogni sinapsi e ogni molecola, senza però riuscire a capire come un’accozzaglia cieca di scariche neurali dentro un cranio produca un sistema cognitivo così sofisticato?

Ray Jackendoff (2002: 58-67), pur prendendo atto che una grande mole di conoscenza si sia sviluppata nell’identificare le aree neurali funzionali ai processi linguistici, sottolinea che non sappiamo ancora molto su come le regole della grammatica vengano neuralmente rappresentate. E individua quattro sfide che si presentano nel futuro della ricerca neurolinguistica:

- 1) La difficoltà di catturare neuralmente i complessi livelli strutturali che sottostanno al processo di produzione e comprensione del linguaggio. Capire come le parole vengono attivate neuralmente è solo il primo passo di un percorso arduo che dovrà portare a comprendere come a livello temporale è spaziale gruppi di neuroni si attivano per sincronizzare unità diverse di una frase in un’unica entità portatrice di significato.
- 2) A un livello ancora più sofisticato c’è da capire, per esempio, come sequenze identiche di fonemi all’interno di una stessa parola (con funzioni diverse all’interno del dominio sillabico) vengano decodificati e prodotti da nodi neurali. Lo stesso discorso vale a livello della struttura concettuale quando in una frase sono presenti parole dello stesso tipo, ma con domini semantici diversi, come nella frase: *The big star’s beside a little star.*
- 3) Allo stato attuale non sappiamo come fa il cervello a riconoscere relazioni che comportano un’alta variabilità del tipo: “X rima con Y”, dal momento che nella memoria a lungo termine non possono essere catalogate tutte le possibili rime di una lingua. E dal momento che un parlante inglese, senza conoscere il tedesco, percepisce subito che *Fach* può rimare con *Bach*, nonostante il nesso *ch* non sia un suono dell’inglese.
- 4) Rimane infine da spiegare come la memoria a lungo termine e quella a breve termine interagiscano quando si tratta di processare frasi idiomatiche come *Tirare il calzino.* Il

significato di tali espressioni deve essere controllato dalla memoria a lungo termine, visto che non può derivare dalla semplice somma dei significati delle singole parole. Eppure frasi come queste hanno la stessa struttura sintattica di: *Tirare la pietra*.

Alla fine, come notano più di recente Poeppel ed Embick (2005: 2-5), sorge il sospetto che:

“[...] current neurolinguistics research has not advanced – in an *explanatorily significant way* – the understanding of either linguistic theory or of neuroscience. While this failure is by no means necessary, we contend that it will continue until certain fundamental problems are identified, acknowledged, and addressed.

Secondo i due studiosi i problemi fondamentali assumono sostanzialmente la forma seguente:

1. The **Granularity Mismatch Problem** (GMP): Linguistic and neuroscientific studies of language operate with objects of different granularity. In particular, linguistic computation involves a number of fine-grained distinctions and explicit computational operations. Neuroscientific approaches to language operate in terms of broader conceptual distinctions.
2. The **Ontological Incommensurability Problem** (OIP): The units of linguistic computation and the units of neurological computation are incommensurable.

L'asimmetria e l'incommensurabilità evidenziate da questi due problemi – che contengono al loro interno anche le quattro problematiche evidenziate da Jackendoff – hanno, a mio modo di vedere, importanti risvolti nell'ambito della filosofia della scienza (e ovviamente dell'epistemologia): una stessa entità scientifica osservata da due prospettive diverse produce realtà ontologiche inconciliabili. È probabile quindi che le sovrastrutture che contribuiscono alla costruzione di una solida impalcatura teorica condizionino a loro volta la conoscenza della realtà osservata. Se questo è vero, e se vogliamo veramente gettare un ponte solido fra linguistica e neuroscienze, credo che prima di tutto c'è bisogno di una profonda riflessione epistemologica che provi ad unificare ontologicamente l'oggetto di studio.

Ritornando al lavoro di Poeppel ed Embick, è interessante rilevare come i due autori facciano emergere un'importante incongruenza a livello della rappresentazione delle unità fondamentali: infatti la linguistica parla di *tratti distintivi, fonemi, sillabe, morfemi*, ecc., mentre le neuroscienze di *dendriti, spine, neuroni, assemblaggio/insieme cellulare*, ecc. Ma la stessa cosa avviene nelle operazioni che coinvolgeranno tali unità: da un lato abbiamo nozioni come *concatenazione, linearizzazione, generazione della struttura sintagmatica*, ecc. e dall'altro *potenziamento a lunga durata, campo recettivo, oscillazione neurale*, ecc. Osservando con più attenzione i campi semantici generati dai due domini scientifici, non si può fare a meno di notare, credo, come nel dominio della linguistica prevalga la componente astratta, mentre in quello delle neuroscienze la componente concreta.

Ancora una volta bisognerà probabilmente chiamare in causa il fatto che nella ricerca linguistica l'osservazione dei dati (e dei fenomeni ad essi correlati) è guidata dagli assunti teorici, mentre nella ricerca neuroscientifica è l'osservazione diretta dei dati (e dei fenomeni ad essi correlati) che guida gli assunti teorici (benché anche le predizioni sui dati dipendano alla fine da una teoria embrionale dei processi sperimentali). All'interno della linguistica la teoria ha però posto delle forti restrizioni sulle predizioni che si possono fare sui dati, tanto che, da un certo punto in poi, si è continuamente creata una tensione forte tra adeguatezza descrittiva ed adeguatezza esplicativa, che ancora oggi assorbe gli sforzi maggiori dei ricercatori.

3. Dalla teoria al brain imaging

La consapevolezza di questo stato di cose ha stimolato di recente una serie di riflessioni che iniziano a mettere a fuoco gli aspetti del problema. Marantz (2005: 430) – registrando da più parti l'esigenza di una nuova teoria linguistica che permetta di sperimentare efficacemente gli assunti sulle rappresentazioni e computazioni linguistiche – si sofferma sui principali punti critici della teoria generativa in relazione a una possibile integrazione all'interno delle neuroscienze cognitive:

As a generative linguist who runs MEG brain monitoring experiments [...], I experience no gap between generative theory and psycho- or neurolinguistic experimentation. If standard linguistic theory is nevertheless perceived as divorced from cognitive neuroscience, generative grammarians perhaps suffer from a public relations problem rather than a fundamental methodological confusion. A brief re-examination of the generative enterprise should serve to clarify the promise of mainstream linguistics for cognitive neuroscience and question the apparent urgency to back alternative approaches to linguistics and to the study of language.

La possibilità di integrare coerentemente la teoria generativa all'interno delle neuroscienze verrebbe offerta da un modello dinamico come l'*approccio minimalista*, che eliminando i livelli di rappresentazione si adatterebbe perfettamente ad una metodologia di ricerca neuroscientifica. Una serie di protocolli sperimentali potrebbero provare a testare le ipotesi sviluppate dalla teoria generativa e correlare i cosiddetti processi rappresentazionali e computazionali del linguaggio a variabili neurali dipendenti. In effetti le nozioni di *Merge* e *Move*, unite a quella di *phase*, potrebbero essere testate ricorrendo ad esperimenti con i Potenziali evento-correlati (ERPs) e con la Magnetoencefalografia (MEG), magari associate a rilevamenti con la Risonanza Magnetica funzionale (fMRI).

In questa direzione può essere interessante l'esperienza di ricerca iniziata da Andrea Moro (2006), in cui si è cercato, con risultati mi pare importanti, di muovere i primi passi nella direzione di rendere compatibili i due modelli di ricerca, generando ricadute epistemologiche di sicuro interesse. Alcuni esperimenti condotti con l'ausilio di PET ed fMRI hanno permesso a Moro e collaboratori di dimostrare che l'architettura neurobiologica del cervello non è incompatibile con due dei principali assunti della grammatica generativa: e cioè (1) che la sintassi è

autonoma⁶, (2) e che non si fonda sui rapporti lineari fra le parole, ma che dipende dalla struttura, ovvero dalle relazioni gerarchiche che gli elementi della frase instaurano fra loro. Moro e collaboratori hanno scoperto che processi neurali inerenti ad operazioni sintattiche ammesse dalle lingue naturali accendono una rete sinaptica che parte dall'area di Broca ed arriva a coinvolgere in modo selettivo organi sottocorticali come il nucleo caudato di sinistra, insieme alla corteccia del lobo dell'insula (una porzione profonda della corteccia al di sotto dell'area di Broca)⁷. Se i risultati di queste ricerche verranno confermati, saremo autorizzati a concludere che la sintassi delle lingue umane, basata sui principi appena enunciati, è l'unica che il cervello può produrre.

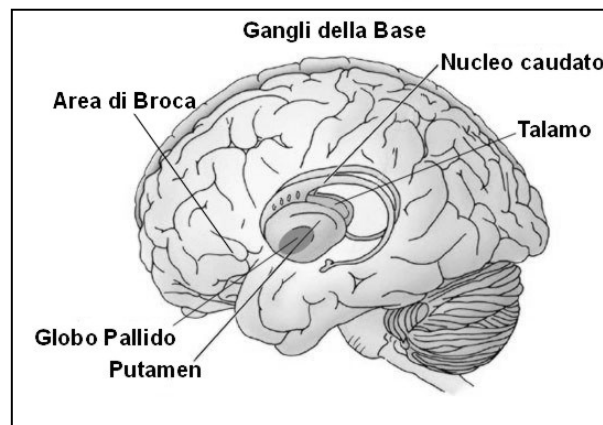


Figura 2: Il sistema dei Gangli della Base coinvolti nei processi sintattici e fonetico-fonologici.

Moro proietta questa conclusione su un ventaglio di domande cruciali per la neurobiologia del linguaggio, fra cui la più interessante è la seguente: perché non

⁶ Per *autonomia della sintassi* s'intende che "[...] le regole di combinazione delle parole non sono *totalmente* riducibili ad altri componenti grammaticali: i principi che regolano la sintassi hanno leggi proprie (linearità, discretezza, ricorsività, dipendenza, località) che non sono pertinenti per altri aspetti del linguaggio, anche se ovviamente entrano in gioco *simultaneamente* a essi". Moro (2006: 172).

⁷ Il nucleo caudato fa parte dei *gangli della base* che si trovano al centro del cervello, subito sopra il tronco encefalico. Si tratta di cinque grossi nuclei sottocorticali – il putamen e il caudato, che costituiscono il corpo striato; il pallido, il nucleo subtalamico e la sostanza nera – coinvolti nel controllo motorio pur senza avere connessioni dirette con la via ultima comune dei motoneuroni, né ricevere direttamente informazioni dalla periferia somatica (Umiltà 1999: 292). Per completezza bisogna aggiungere che già Liebermann (2000, 2002), anche in una prospettiva non certo chomskiana, aveva sostenuto fortemente l'implicazione dei gangli della base nei processi sintattici. Si veda inoltre Golestani e Zatorre (2003) che hanno invece notato l'attivazione del nucleo caudato anche in soggetti che apprendono contrasti fonologici non nativi. Nello stesso lavoro si trova ampia documentazione sull'importanza dei gangli della base e del nucleo caudato nella produzione del linguaggio.

esistono lingue impossibili? Cioè: perché esistono limiti sulle strutture sintattiche computabili? Mi pare che il quesito individui il nucleo centrale di una possibile teoria neurale del linguaggio, aprendo interessanti parallelismi epistemologici con un altro settore delle neuroscienze che tratta uno dei processi cognitivi più delicati, quanto se non più del linguaggio: la coscienza. Il problema della coscienza e quello del linguaggio hanno un rapporto intricato e complesso perché pare che i cambiamenti neurali all'origine del linguaggio sono gli stessi che hanno fatto emergere la coscienza di ordine superiore (Edelman, Tononi 2000: 233-249). Semplificando molto, come per il linguaggio anche per la coscienza solo la corteccia cerebrale ha il ruolo privilegiato di fare emergere i risultati di processi cognitivi molto più articolati che coinvolgono parti del cervello sottostanti. Ma sia il linguaggio che la coscienza sono controllati da uno specifico schema di connessioni rientranti – che cioè scambiano informazioni continue in entrata e in uscita – fra la corteccia e i gangli della base.

Allo stesso modo in cui Moro si chiede perché il cervello può realizzare solo ed esclusivamente le grammatiche delle lingue naturali, i neuroscienziati che studiano la coscienza si domandano: perché possiamo percepire e categorizzare il mondo solo così come lo percepiamo e non altrimenti? Come mai un pugno di sostanza grigia e molle produce – per tutti gli esseri umani – l'esperienza di puro blu quando si contempla il cielo, o l'esperienza di puro dolore quando le terminazioni nervose più remote vengono stimulate in un certo modo? La conclusione naturale (e neurale) sembrerebbe essere: il mondo stesso, così come lo 'conosciamo', è una creazione del cervello. Se l'architettura del nostro cervello fosse diversa, la percezione delle esperienze, e quindi di noi stessi e del mondo, sarebbe completamente diversa. Questo parallelismo si fa ancora più stretto se si pensa che i gangli della base, durante il processo evolutivo, potrebbero essere stati implicati nella comparsa di una presintassi che manipolava e ricombinava un apparato concettuale primitivo attraverso attività neurali rientranti con la corteccia frontale, temporale e parietale (Edelman 1991: 164-224)⁸. Diversi meccanismi fonologici e sintattici si sono poi, nel corso dell'evoluzione, istanzati nell'apparato corticale già esistente e connesso con gli strati più antichi deputati alla categorizzazione e alla presintassi. Quando emerse un sistema fonologico sufficiente – e le aree di Broca e Wernicke si adattarono a processare il linguaggio – fu possibile produrre simboli linguistici con una struttura semantica, e fu possibile che questi simboli venissero trattati ricorsivamente attraverso una sintassi autonoma. L'emergere di queste connessioni neurali e la comparsa del linguaggio consentirono il riferimento a stati interni, oltre che ad oggetti ed eventi, mediante simboli. L'autonomia della sintassi potrebbe quindi derivare dal fatto che essa si è sviluppata sulla base di particolari

⁸ In questo stadio non era ancora presente una semantica, la formazione dei 'concetti' era utile all'identificazione di una particolare cosa o azione e controllare il comportamento futuro. Questa primitiva concettualizzazione era fondata sul riconoscimento di categorie, e sulla astrazione di "particolari" in "universali".

connessioni rientranti fra aree sottocorticali e corticali, intorno alle quali si sono poi stratificate ulteriori funzioni linguistiche⁹.

Ritornando alla domanda di Moro da cui siamo partiti potremmo dire che le nostre strutture cognitive altro non sono che la proiezione esterna dei meccanismi funzionali del cervello che le genera, e che alcune di esse sono emerse parallelamente incrociando e condividendo percorsi sinaptici differenziati sviluppatasi nel corso dell'evoluzione, per poi assumere forme autonome.

4. Prospettive per la definizione di un programma di ricerca interdisciplinare

L'ottimismo e gli stimoli positivi prodotti da risultati di questo tipo, dovrebbero però urgentemente far concentrare gli sforzi degli studiosi nella risoluzione dei quello che Poeppel ed Embick (2005: 4) chiamano **OIP**: una teoria neurale del linguaggio può nascere solo se all'interno di una prospettiva multidisciplinare una determinata comunità scientifica può riferirsi epistemologicamente alle stesse entità concettuali. Il raggiungimento di questo obiettivo potrebbe senza dubbio facilitare i protocolli sperimentali, e condurre a un'elaborazione coerente di una teoria neurobiolinguistica unificata.

Insomma, non c'è nessun motivo – date le attuali conoscenze sul cervello – perché le teorie linguistiche debbano necessariamente essere 'astratte' e non formulate in termini concreti, per esempio in *termini neurali*. Questo dovrebbe essere invece l'obiettivo futuro della linguistica. Se vogliamo comprendere il linguaggio in una prospettiva biologica non possiamo poi esimerci dall'essere 'concreti' nell'ipotizzare processi e rappresentazioni cerebrali. Per fare ciò ci deve essere lo sforzo di esplorare gli spazi di confine dove le attuali conoscenze neuroscientifiche e le teorie linguistiche entrano in conflitto. È una convinzione che sta maturando fortemente anche fra i neuroscienziati, se esperienze di ricerca decennali al confine fra cervello e linguaggio dedicate alla costruzione di una grammatica neurale hanno portato recentemente Friedemann Pulvermüller (2002: 272) ad affermare:

Using neuroscientific knowledge and data for guiding linguistic theorizing appears to be fruitful. Testing syntax theory in neurophysiological experiments may be fruitful as well. Thus, neuroscientific data could then constrain linguistic theory. The reverse may also be true. The study of language may, given such a language connecting noun phrases to neurons [...] is available, allow for making predictions on brain circuits that have not been detected by other means. Availability of a brain-language interface of this type, a neuronal language theory, may be a necessary condition for deciding between alternative approaches to grammar as it could be a tool for exploring neuron circuits specific to the human brain. A language theory at neuronal level is required in cognitive neuroscience.

Iniziano dunque ad emergere dei punti di riferimento importanti. Innanzi tutto l'esigenza di sviluppare un'interfaccia fra teoria e dati empirici, integrando la prospettiva teorica con i protocolli sperimentali, così da elaborare un modello episte-

⁹ Si veda anche l'interessante lavoro di Pickett *et alii* (1998).

mologico capace di catturare ‘regole neurali’ che generano ‘regole grammaticali’. Nello stesso tempo tale modello deve essere in grado di fare predizioni sulle complesse reti di attività corticali e sottocorticali che sovrintendono alla produzione e percezione del linguaggio.

Se siamo autorizzati a vedere la mente-cervello come un’unica entità, dove, semplificando molto, la mente è il prodotto dell’attività neurale, possiamo anche pensare, visto che ora abbiamo gli strumenti per farlo, di partire dai meccanismi neurofisiologici del cervello per fare inferenze sul funzionamento della mente, sulla base di una teoria passibile di verifica continua. Si tratterebbe, in sostanza, di capovolgere la prospettiva chomskiana – pur restando sempre all’interno dello stesso modello – per rispondere alla questione di fondo appena accennata, e formulabile in questi termini: in che modo le strutture neurologiche sono specializzate per produrre tipi specifici di computazioni, come quelle linguistiche? Ovvero, come la grammatica del linguaggio verbale umano viene computata nel cervello?

L’idea di poter vedere nella mente il prodotto dell’attività cerebrale deriva dalla nozione di *rappresentazione* (mentale) quale prodotto delle computazioni che avvengono a livello neurofisiologico. Il fatto è che le computazioni neurofisiologiche avvengono in tempo reale: rappresentazione e computazione sono contenute nello stesso processo neurale. Rimanendo nel campo della sintassi, potremmo dire che i principi che la regolano – *linearità, discretezza, ricorsività, dipendenza, località* – sono contenuti nello stesso processo neurofisiologico, per cui indagando la natura profonda dei circuiti neurali si indagano automaticamente i prodotti cognitivi che essi producono. Si può provare quindi a passare dalle computazioni simulate all’interno di un modello teorico a quelle che avvengono nel cervello. Se scopriamo che ci sono alcune restrizioni in questo tipo di computazioni, vuol dire che abbiamo individuato alcune proprietà neurali del linguaggio umano.

Bisogna infine tenere conto che le proprietà fisiche del cervello, i processi chimici che le regolano, e la fitta rete di connessioni neurali corticali e sottocorticali generano la grammatica così come generano i movimenti del braccio che afferra un oggetto posto su tavolo: rappresentazione ed esecuzione avvengono in tempo reale. In sostanza, potremmo azzardare, sono la stessa cosa:

[...] il fatto che l’informazione sensoriale e quella motoria siano riconducibili a un formato comune, codificato da specifici circuiti parieto-frontali, suggerisce che, al di là dell’organizzazione dei nostri comportamenti motori, anche certi processi di solito considerati di ordine superiore e attribuiti a sistemi di tipo cognitivo, quali per esempio la percezione e il riconoscimento di atti altrui, l’imitazione e le stesse forme di comunicazione gestuali o vocali, possono rimandare al sistema motorio e trovare in esso il proprio substrato neurale primario. (Rizzolatti, Sinigaglia 2006: 22).

La differenza sta nel fatto che la generazione dei movimenti del braccio e delle dita non produce una rappresentazione della realtà (cioè del movimento eseguito), mentre con la generazione del linguaggio il cervello produce anche rappresenta-

zioni del mondo implicato nel linguaggio. Anche se già Gallagher *et alii* (2002: 155) avevano posto l'accento sul fatto che:

[...] the neurological processes that underlie speech, hand gestures, facial expression, the perception of action, imitation, social cognition, and interaction might share some common pathways, especially at their 'lower' levels, with the computational processes that underlie locomotive or instrumental movement. But they also involve brain processes independent of areas concerned with purely instrumental movement and so are not reducible simply to motor processes.

Proprio per questo motivo le proprietà neurali del linguaggio non possono essere indagate senza una qualche teoria di riferimento. Continuare ad accumulare dati senza una teoria generale che li filtri, permettendoci di fare predizioni affidabili sulla realtà osservata potrebbe provocare un serio ritardo nell'unificazioni dei due universi scientifici, mentre dall'impresa condivisa di indagare il cervello linguistico all'interno di un modello teorico potrebbe in modo naturale scaturire una teoria neurale del linguaggio.

Dunque da dove (ri)partire? Forse sarebbe il caso di iniziare a capire come sono neuralmente istanziate categorie o principi già abbondantemente passati al vaglio teorico-empirico come quelle di *costituente (sintagma)* o di *tratto distintivo*: c'è un riscontro neurale del fatto che le parole si organizzano preferibilmente in gruppi intorno a una struttura uguale per tutte le lingue? Quali sono i processi neurali che stanno alla base dell'opposizione fonologica nelle lingua naturali in termini di tratti fonetici? Su quest'ultimo versante un sicuro terreno da dissodare è quello della percezione: la percezione, infatti, sta alla base delle trasformazioni del segnale acustico in sinaspi neurali, che generano le computazioni e le rappresentazioni di una grammatica. Infine forse sarebbe da riconsiderare il problema della linearizzazione in sintassi: operazioni di linearizzazione devono anche avvenire a livello di sequenze fonologiche, così come a livello di programmazione motoria. Ma qui il discorso si fa più complesso.

Costruire una teoria dei meccanismi cerebrali del linguaggio è un compito certamente arduo ma che sicuramente dovrà poggiare su fondamenta interdisciplinari. Raccogliere questa sfida vuol dire sviluppare una vocazione – e quindi iniziare a pensare anche a una formazione – fortemente interdisciplinare. A sua volta la ricerca interdisciplinare presuppone una forte tensione fra studiosi che hanno programmi differenti, strumenti di ricerca diversi, e soprattutto diversi modelli teorici per rispondere alle domande che si pongono. Il successo di ricerche interdisciplinari, e quindi degli obiettivi prefissi, dipende solo dallo sforzo comune di rendere compatibili queste differenze.

Mirko Grimaldi

Università di Lecce – Centro di Ricerca Interdisciplinare sul Linguaggio

mirko.grimaldi.cril@ateneo.unile.it

www.cril.unile.it

Bibliografia

- Bechtel W., Graham G. 1998 *A Companion to Cognitive Science*, Oxford, Blackwell.
- Chomsky, N. 1991 *Linguaggio e problemi della conoscenza*, Bologna, Il Mulino.
- Chomsky, N. 2000 *New Horizons in the Study of Language and Mind*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Chomsky, N. 2004 'The Biolinguistic Perspective after 50 Years', *Quaderni del Dipartimento di Linguistica dell'Università di Firenze* 14: 3-12.
- Culicover, P. W. 1999 *Syntactic nuts: Hard cases in syntax*, Oxford, Oxford University Press.
- Jakendoff, R. 2002 *Foundations of language*, Oxford, Oxford University Press.
- Edelman, G. M. 1991 *Il presente ricordato*, Milano, Rizzoli. Ed. or. *The Remembered Present*, New York, Basic Book, 1989.
- Edelman G. M., Tononi G. 2000 *Un universo di coscienza*, Torino, Einaudi.
- Gallagher S., Cole J., McNeill D. 2002, "Social cognition and primacy of movement revisited", *Trends in Cognitive Sciences* 6: 155-156.
- Gazzaniga M. 2004 *The Cognitive Neuroscience*, Cambridge MA, MIT Press III Edition.
- Golestani N., Zatorre R. J. 2004 "Learning new sounds of speech: reallocation of neural substrates", *NeuroImage* 21: 494-506.
- Grimaldi, M. 2005 "Fonetica, fonologia e neuroscienze: una prima ricognizione", in P. Così (a cura di), *Atti del I Convegno Nazionale dell'Associazione Italiana di Scienze della Voce (AISV), Misura dei parametri. Aspetti Tecnologici ed implicazioni nei modelli linguistici, Padova, 2-4 Dicembre 2004*, Brescia, EDK Editore: 31-48.
- Grimaldi, M. *in stampa* "Cosa possono offrire le neuroscienze alla teoria linguistica?", in *Atti del XL Congresso della Società di Linguistica Italiana, Vercelli 21-23 settembre 2006*.
- Grodzinsky, Y. 2003 "Imaging the Grammatical Brain", in M. A. Arbib (ed.), *The Handbook of Brain Theory and Neural Networks*, Cambridge MA, The MIT Press: 551-556.
- Jakendoff, R. 2002 *Foundations of Language. Brain, meaning, Grammar, Evolution*, Oxford, Oxford University Press.
- Lieberman, Ph. 2000 *Human Language and Our Reptilian Brain: The subcortical Bases of Speech, Syntax, and Thought*, Cambridge MA, Harvard University Press.
- Lieberman, Ph. 2002 "On the Nature and Evolution of the Neural Bases of Human Language", *Yearbook of Physical Anthropology* 45: 36-62.
- Marantz, A. 2005 "Generative linguistics within the cognitive neuroscience of language", *The Linguistic Review* 22: 429-445.
- Miller, G. 1979 *A Very Personal History*, Cambridge MA, MIT Center for Cognitive Science, Occasional Paper no. 1.

- Moro, A. 2006 *I confini di Babele. Il cervello e il mistero delle lingue impossibili*, Milano, Longanesi.
- Muhlethaler M., de Curtis M., Walton K., Llinas R., 1993 “The isolated and perfused brain of the guinea-pig in vitro”, *European Journal of Neurosciences* 1: 915-26.
- Olivieri M., Finocchiaro C., Shapiro K., Gangitano M., Caramazza A., Pascual-Leone A. 2004 “All Talk and No Action: A Transcranial Magnetic Stimulation of Motor Cortex Activation during Action Word Production”, *Journal of Cognitive Neuroscience* 16/3: 374-381.
- Oliviero, A. 1999 *Esplorare la mente. Il cervello fra filosofia e biologia*, Milano, Cortina.
- Pickett E. R., Kuniholm E., Protopapas A., Friedman, J., Lieberman, Ph. 1998 “Selective speech motor, syntax and cognitive deficits associated with bilateral damage to the putamen and the head of the caudate nucleus: a case study”, *Neuropsychologia* 36/2:173-188.
- Poeppel D., Johnson S. 1995 “Neuroimaging studies of language must connect with (psycho)linguistic theories”, *Behavioral and Brain Sciences* 18(2): 369-370.
- Poeppel D., Embick D. 2005 “The relation between linguistics and neuroscience”, in A. Cutler (ed.), *Twenty-First Century Psycholinguistics: Four Cornerstones*, Lawrence, Erlbaum: 1-16.
- Poeppel D., Hackl, M. *in stampa* “The architecture of speech perception”, in J. Pomerantz (ed.), *Topics in Integrative Neuroscience: From Cells to Cognition*, Cambridge, University Press.
- Pulvermüller, F. 1999 “Words in the brain’s language”, *Behavioural Brain Science* 22: 253-336.
- Pulvermüller F. 2002 *The Neuroscience of Language*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Pulvermüller F. 2005, “Brain mechanism linking language and action”, *Nature Reviews Neuroscience*: 576-582.
- Putnam H. 1988, *Representation and reality*, Cambridge, MA, MIT Press.
- De Saussure F., 1967 [1916] *Corso di linguistica generale*, trad. it. a cura di T. De Mauro, Roma-Bari, Laterza.
- Shapiro K., Caramazza A. 2004 “The Organization of Lexical Knowledge in the Brain: The Grammatical Dimension”, in M. Gazzaniga (ed.) *The Cognitive Neuroscience*, Cambridge, MA, MIT Press III Edition: 803-814.
- Rizzolatti G., Sinigaglia C. 2006 *So quel che fai. Il cervello che agisce e i neuroni specchio*, Milano, Raffaello Cortina.
- Tononi, G. 2003 *Galileo e il fotodiode. Cervello, complessità e coscienza*, Roma-Bari, Laterza.
- Umiltà C. (a cura di) 1999 *Manuale di neuroscienze*, Bologna, Il Mulino.

Abstract

Linguists characterize linguistic knowledge; psycholinguists model algorithms that implement this knowledge in speaking and understanding, and neuroscientists are interested in the neural mechanisms that realize these algorithms. Since these disciplines all together belong to the articulated research field known as “Cognitive science”, one can imagine a research program in which these perspectives cohere – in a sort of neurobiological project – attempting to understand the knowledge of language, its acquisition processing mechanisms, and neural computation. Unfortunately, the different epistemological approaches to the study of the mind-brain have produced distinct ontological entities in the research apparatus. In this article I focus on the fundamental problems and challenges that must be addressed if progress is to be made in this area of inquiry. I conclude trying to set the outline of a common research program that, overcoming present problems, may lead neuroscientists and linguists to formulate a neural theory of language.