

LINGUAGGIO E CATEGORIZZAZIONE: UN MODELLO NEURALE DELL'APPRENDIMENTO DEL LESSICO

Marco Mirolli*^o, Domenico Parisi*

*Istituto di Scienze e Tecnologie della Cognizione, CNR, Roma

^oDipartimento di Filosofia e Scienze Sociali, Università di Siena

mirolli2@unisi.it, d.parsi@istc.cnr.it

Introduzione

Comprendere le relazioni tra linguaggio e cognizione è una delle più difficili ed importanti sfide che la scienza cognitiva debba affrontare. Il linguaggio non ha solo funzioni comunicativi (sociali), ma anche cognitive (individuali) (Vygotsky 1962, Jackendoff 1996, Clark 1998, Carruthers 2002). Il linguaggio influenza infatti molte delle funzioni psicologiche, tra cui la categorizzazione, l'apprendimento, l'attenzione selettiva, la memoria, il controllo volontario, le capacità numeriche e matematiche ed il pensiero riflessivo.

Il presente lavoro consiste in una simulazione di una rete neurale che (a) costituisce un modello dei primi stadi di acquisizione del linguaggio e (b) mostra gli effetti del possesso di un linguaggio sulla capacità di categorizzare l'esperienza.

Metodo

La rete neurale usata è divisa in due sotto-reti a tre strati, che chiamiamo senso-motoria e linguistica, rispettivamente. Le unità interne delle due sotto-reti sono connesse reciprocamente da due matrici di pesi (figura 1).

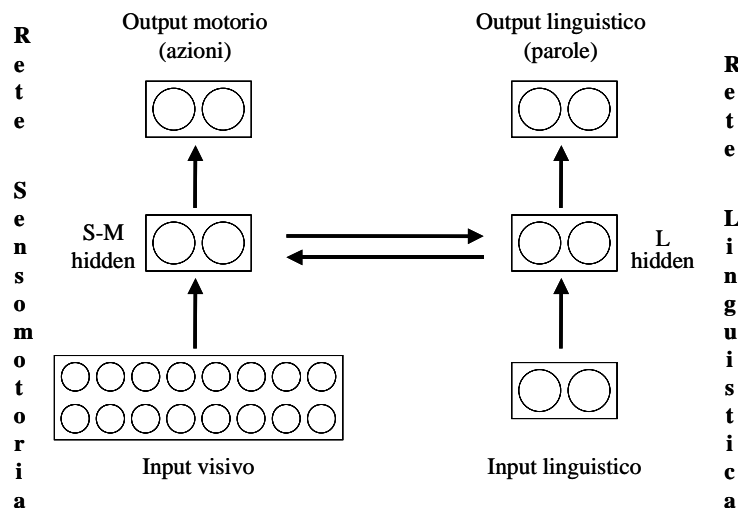


Figura 1: La rete neurale

La rete senso-motoria ha 16 unità di input, che codificano le proprietà percettive degli 'oggetti' dell'ambiente, due unità interne e due unità ad attivazione binaria di output, che codificano le quattro azioni che la rete può intraprendere in risposta ad ogni oggetto. L'ambiente della nostra rete consiste di 480 diversi oggetti, appartenenti a 4 categorie di 120 esemplari ciascuna.

La rete linguistica ha 2 unità di input che codificano i segnali linguistici, 2 unità interne e 2 unità di output che rappresentano i suoni emessi. Tutte le unità della rete linguistica hanno attività continua. L'ambiente linguistico è costituito da 4 'parole', corrispondenti alle 4 categorie di oggetti, ciascuna delle quali può essere pronunciata in 120 modi diversi.

L'apprendimento della rete è diviso in 2 fasi, che corrispondono grosso modo all'apprendimento del bambino prima e dopo i 12 mesi di vita, rispettivamente. Durante il primo stadio le due sotto-reti apprendono in modo indipendente: la rete senso-motoria apprende a produrre l'azione corretta rispetto alla categoria a cui l'oggetto percepito appartiene; la rete linguistica apprende a ripetere le parole che sente. L'apprendimento di entrambe le sotto-reti avviene tramite l'algoritmo di back-propagation. Durante la seconda fase di apprendimento le connessioni tra le due sottoreti diventano attive e la rete apprende ad associare le parole che sente con gli oggetti a cui tali parole si riferiscono (e che co-occorrono con esse). Questa seconda fase di apprendimento avviene tramite l'applicazione della regola delta alle connessioni che uniscono i due gruppi di unità interne delle due sotto-reti.

Una volta finite entrambe le fasi di apprendimento vengono eseguiti due tipi di test: i primi sono test comportamentali e servono a valutare la performance della rete rispetto a categorizzazione, imitazione linguistica, comprensione e denominazione; i secondi, che ci interessano in questa sede, riguardano le rappresentazioni interne della rete in differenti condizioni percettive e servono ad analizzare l'influenza del linguaggio sulle capacità di categorizzare la realtà.

Risultati

Riguardo ai test comportamentali, ci basti qui dire che la rete apprende in modo ottimale tutti e quattro i tipi di comportamento testati: a compiere l'azione corretta a seconda della categoria di appartenenza dell'oggetto percepito (categorizzazione), a riprodurre in modo soddisfacente i suoni che sente (imitazione linguistica), a compiere l'azione corretta a seconda della parola percepita (comprensione) ed a produrre a sua volta la parola appropriata alla categoria dell'oggetto che percepisce (denominazione).

Date le proprietà percettive di un oggetto, il vettore di attivazione delle unità interne della rete senso-motoria può essere considerato la rappresentazione interna di quell'oggetto. Le rappresentazioni interne di tutti gli oggetti appartenenti ad una categoria costituiscono dunque un insieme di vettori che può essere considerato come un insieme di punti nello spazio bi-dimensionale le cui dimensioni sono costituite dalle attivazioni delle due unità interne della rete. Chiamiamo questo insieme la 'nuvola' dei punti appartenenti ad una data categoria. Di conseguenza, una buona categorizzazione è una in cui i punti appartenenti alla stessa nuvola sono vicini tra loro mentre i punti appartenenti a nuvole diverse sono distanti.

Per indagare l'influenza del linguaggio sulla categorizzazione confrontiamo le nuvole delle rappresentazioni interne della rete in 4 condizioni, che chiamiamo 'visione', 'linguaggio sociale', 'linguaggio privato' e 'linguaggio interno'.

Nella condizione 'visione', le nuvole sono calcolate semplicemente dando alla rete il solo input visivo. Nella condizione 'linguaggio sociale', la rete riceve in input sia un oggetto che un'istanza della parola che corrisponde alla sua categoria e le nuvole sono calcolate sulla base sia dell'input visivo che dell'attivazione che proviene dalla sotto-rete linguistica tramite le sue unità interne. Nella condizione 'linguaggio privato' la rete percepisce un oggetto, lo nomina e sente il suono che essa stessa ha prodotto; le nuvole sono allora calcolate sulla base dell'input visivo e dell'attivazione delle unità interne linguistiche determinata da tale suono auto-prodotto. Infine, nella condizione 'linguaggio interno', la rete percepisce un oggetto, viene calcolata l'attivazione interne delle unità linguistiche e l'attivazione delle unità interne senso-motorie è ricalcolata sulla base dell'input visivo e della rappresentazione interna del suono che l'input visivo ha suscitato, senza che la rete produca in effetti tale suono.

La figura 2 mostra le nuvole delle 4 categorie prima dell'apprendimento e nelle 4 condizioni testate. Come si può vedere, per rispondere in modo corretto a seconda della categoria di appartenenza di un oggetto percepito, la rete si rappresenta internamente gli oggetti appartenenti alla medesima categoria in modo simile e rappresenta invece in modo diverso oggetti appartenenti a categorie diverse. Ma ciò che è maggiormente interessante per i nostri scopi è l'effetto che ha il linguaggio sulle rappresentazioni interne: la categorizzazione è significativamente facilitata sia quando la rete percepisce gli oggetti insieme ai nomi ad essi associati (linguaggio sociale), sia quando denomina a voce alta gli oggetti che percepisce e poi sente i suoni che essa ha prodotto (linguaggio privato), sia quando la parola associata all'oggetto è solo 'pensata', ossia richiamata internamente ma non espressa apertamente (linguaggio interno).

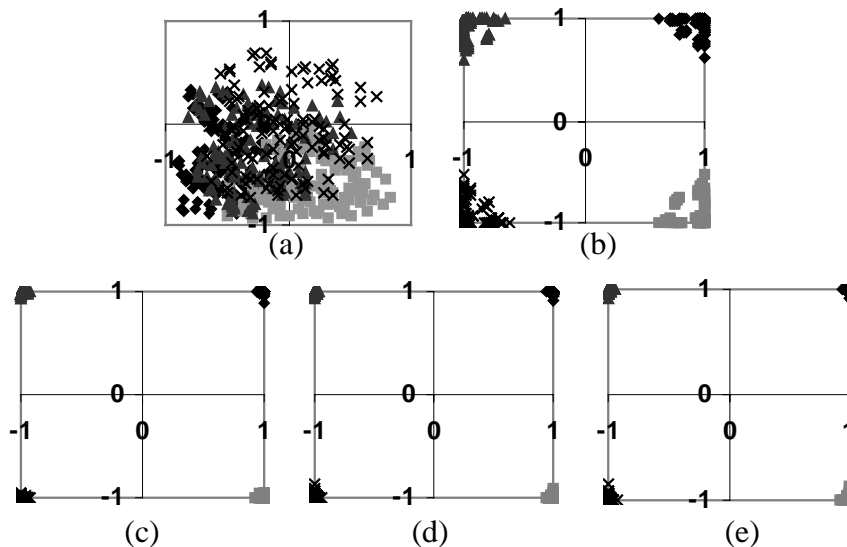


Figura 2: Rappresentazioni interne delle 4 categorie (nuvole): prima dell'apprendimento (a) e dopo l'apprendimento nelle condizioni di visione (b), linguaggio sociale (c), linguaggio privato (d) e linguaggio interno (e).

Discussione e conclusioni

A differenza dei sistemi di comunicazione animali, il linguaggio umano non è usato esclusivamente per comunicare con altri individui, ma è usato anche per comunicare con se stessi, sia esternamente, nel linguaggio privato, che internamente, nel linguaggio interno. Questo uso individuale del linguaggio costituisce infatti dal 20 al 60% del linguaggio prodotto dai bambini tra i 3 ed i 10 anni (Berk 1994), e l'evidenza empirica suggerisce che tale linguaggio privato non sparisca del tutto dopo i dieci anni, ma venga semplicemente internalizzato (Diaz & Berk 1992), come suggerito da Vygotsky (1962).

Il modello qui presentato costituisce una prima spiegazione del perché il linguaggio umano sia usato non solo per la comunicazione sociale, ma anche per parlare a se stessi: il linguaggio può infatti migliorare la categorizzazione indipendentemente dal fatto che venga prodotto da un individuo diverso da colui che lo percepisce (linguaggio sociale) o che venga auto-prodotto esternamente (linguaggio privato) o internamente (linguaggio interno).

Lo studio dell'influenza di tale linguaggio privato sulle nostre capacità cognitive, ed in particolare sullo sviluppo delle funzioni cognitive superiori, è un campo di ricerca estremamente importante ma ancora poco esplorato. Le simulazioni qui presentate rappresentano un primo passo verso lo studio dell'influenza del linguaggio sul pensiero

tramite modelli computazionali. Molto deve ancora essere fatto, sia dal punto di vista modellistico che da quello empirico, per comprendere i rapporti tra linguaggio e pensiero.

Riferimenti bibliografici

Berk L. (1994). Why children talk to themselves. *Scientific American*, November, 78-83

Carruthers P. (2002). The cognitive functions of language. *Behavioral and Brain Sciences*, 25, 657-726

Clark A. (1998). Magic words: How language augments human computation. In Carruthers and Boucher (eds) *Language and thought: Interdisciplinary themes*. Cambridge: Cambridge University Press

Diaz R. & Berk L. (eds) (1992). *Private speech: From social interaction to self regulation*. New Jersey: Erlbaum

Jackendoff R. (1996). How language help us think. *Pragmatics and Cognition*, 4, 1-34

Vygotsky, L.S. (1962). *Thought and language*. Cambridge, MA: MIT Press