

## DAL SIMULAZIONISMO AL PARADIGMA GALILEIANO

Versione riveduta (3 ottobre 2005) del lavoro con lo stesso titolo pubblicato negli *Atti del XIX Congresso Nazionale dell'Associazione Italiana di Psicologia, sez. di Psicologia Sperimentale*, Cagliari, 18-20 settembre, 2005. I miei ringraziamenti vanno in particolare a Remo Job, Eliano Pessa e Pietronilla Penna, per i loro preziosi commenti critici alla versione presentata al *XIX Congresso API*.

Marco Giunti

*Dipartimento di Scienze Pedagogiche e Filosofiche, Università di Cagliari*

### **Abstract**

Il lavoro esamina criticamente i presupposti di cinque differenti approcci alla Scienza Cognitiva, (simbolico, connessionista, dinamico, della cognizione incarnata e della vita artificiale) e sostiene che tutti e cinque condividono tacitamente un'ipotesi metodologica molto generale. Tale ipotesi, che propongo di chiamare *simulazionismo*, postula che i fenomeni cognitivi di un qualunque sistema reale possono essere adeguatamente spiegati sulla base di opportuni *modelli di simulazione* del sistema stesso. Tuttavia, a causa della loro costituzione, i modelli di simulazione hanno forti limitazioni, sia al livello descrittivo che esplicativo. Il limite descrittivo sta nel fatto che la corrispondenza fra i risultati di una simulazione e i dati relativi al fenomeno reale non è diretta e intrinseca ma, al più, indiretta e estrinseca. Il limite esplicativo consiste nel fatto che le spiegazioni supportate dal modello non sono mai compiute e realistiche ma, piuttosto, solo in linea di principio e romanzesche. Queste difficoltà potrebbero essere superate ricorrendo ai *modelli Galileiani*, costituiti da sistemi dinamici in cui ciascuna componente ha un'interpretazione precisa e definita, in quanto essa corrisponde ad una proprietà misurabile (grandezza) del fenomeno reale che il modello descrive.

### **Sei tesi sulla Scienza Cognitiva**

In questo lavoro propongo una riflessione sullo stato attuale della ricerca nella Scienza Cognitiva. Tale riflessione è articolata nelle tesi seguenti.

1. Il *computazionalismo*, nella sua forma più generale, può essere vantaggiosamente caratterizzato come un'ipotesi metodologica trasversale a diversi approcci di tale scienza (e, in particolare, a quello simbolico e a quello connessionista). Tale ipotesi si può così formulare: i fenomeni cognitivi di un qualunque sistema reale possono essere adeguatamente spiegati analizzando le *computazioni* prodotte da opportuni modelli del sistema.
2. I principali approcci oggi esistenti nella Scienza Cognitiva si distinguono prima di tutto per il *tipo* di modello preso come base della spiegazione della cognizione; da questo punto di vista, si possono individuare almeno cinque diversi approcci: (a) approccio simbolico; (b) approccio connessionista; (c) approccio dinamico; (d) approccio della cognizione incarnata; (e) approccio della vita artificiale.
3. Alla fine degli anni '80 del secolo scorso è apparso sulla scena il *dinamicismo*, che può essere visto come un'ipotesi metodologica alternativa al computazionalismo. Anch'essa, come l'ipotesi computazionale, è trasversale a diversi approcci e può essere espressa nel seguente modo: i fenomeni cognitivi di un qualunque sistema reale possono essere adeguatamente spiegati analizzando le *evoluzioni dinamiche* di opportuni modelli del sistema.
4. Nonostante ciascuno dei cinque diversi approcci proponga uno specifico tipo di modello, tutti e cinque i tipi proposti sono in effetti inclusi in una classe più generale di modelli, quella dei *modelli di simulazione*. E' proprio questa caratteristica comune a tutti i modelli fino ad oggi impiegati nella Scienza Cognitiva che spiega le forti carenze dei suoi risultati, riscontrabili sia al livello della *descrizione* diretta dei dati dei fenomeni cognitivi concreti, sia a quello di una loro *spiegazione* compiuta e realistica, e non meramente in linea di principio e romanzesca.

5. Si può quindi affermare che tutti e cinque i diversi approcci, al di là delle loro specificità, condividono in effetti un'ipotesi metodologica molto generale, che è il vero nocciolo duro che informa quasi tutta la ricerca nella Scienza Cognitiva. Tale ipotesi, che propongo di chiamare *simulazionismo*, può essere così formulata: i fenomeni cognitivi di un qualunque sistema reale possono essere adeguatamente spiegati sulla base di opportuni *modelli di simulazione* del sistema.
6. I chiari deficit descrittivi ed esplicativi della Scienza Cognitiva, essendo dovuti al particolare tipo di modello (cioè, il modello di simulazione) prescritto dal simulazionismo, non sono superabili senza l'abbandono di tale ipotesi metodologica. Si pone quindi il problema di capire quale altro tipo di modello, almeno altrettanto generale di quello di simulazione, potrebbe al contempo prenderne il posto e superarne le limitazioni. Come già sostenuto in diverse altre occasioni, un buon candidato per questo ruolo potrebbe essere costituito da quel particolare tipo di modello dinamico detto *modello Galileiano*.

Ciascuno dei sei paragrafi successivi chiarisce ed elabora brevemente la corrispondente tesi enunciata sopra.

### **1. Il computazionalismo**

Il computazionalismo, nella forma qui considerata (Giunti 1995, 1996, 1998a), prescrive un particolare *stile di spiegazione* dei fenomeni cognitivi, basato sull'uso di concetti tratti dalla *teoria standard* della computazione. Fra essi, il concetto centrale è, appunto, quello di *computazione*. Per il computazionalismo, spiegare un fenomeno cognitivo *FC* di un sistema reale *SR* implica (1) la costruzione di un opportuno modello *M* di *SR* e (2) l'analisi di *M* dal punto di vista delle computazioni che esso esegue. Si noti che ciò presuppone che il modello *M* sia un sistema ideale, o astratto, che cade all'interno del dominio della teoria standard della computazione. Infatti, soltanto per tale tipo di sistemi la nozione di computazione ha un senso ben preciso, definito da tale teoria. Tali sistemi, detti *sistemi computazionali* (Giunti 1992, 1997, 2005), sono tutti sistemi dinamici discreti, cioè sistemi le cui evoluzioni nel tempo sono rappresentabili come successioni discrete di stati, e i cui stati possibili sono, al più, un'infinità numerabile. I *processori simbolici* nel senso dell'approccio simbolico (vedi sotto) sono solo una sottoclasse propria dei sistemi computazionali. Il computazionalismo non può quindi essere identificato con tale approccio. D'altro canto, un'estensione del computazionalismo oltre il limite dei sistemi computazionali corre il rischio di renderlo poco più di una vaga metafora. Infatti, già per i sistemi continui non esiste al momento una definizione condivisa di computazione. Non è quindi affatto sorprendente che il tentativo di estendere il computazionalismo a sistemi connessionisti continui incontri gravi difficoltà concettuali.

### **2. Cinque approcci alla Scienza Cognitiva**

L'*approccio simbolico* (Newell and Simon 1972; Newell 1980; Pylyshyn 1984; Johnson Laird 1988) utilizza come modelli i processori simbolici. Un processore simbolico è un qualunque sistema che opera trasformazioni effettive di strutture simboliche appropriatamente definite. Caratteristica fondamentale di tali strutture è quella di costituire rappresentazioni di eventi o situazioni. L'*approccio connessionista* (Rumelhart and McClelland 1986) impiega invece reti neurali di svariati tipi. L'*approccio dinamico* (Van Gelder e Port 1995; Van Gelder 1998) propone sistemi dinamici continui, sia di tipo connessionista, sia, più in generale, sistemi specificati da equazioni differenziali o alle differenze finite. L'*approccio della cognizione incarnata* (Varela, Thompson e Rosch 1991; Clark 1997) propone anch'esso come modelli particolari tipi di sistemi dinamici, le cui componenti dovrebbero riflettere aspetti del cervello, del corpo e dell'ambiente di un agente inteso come entità situata ed incarnata. Infine, l'*approccio della vita artificiale* (Langton 1989; Parisi 1999; Cangelosi e Parisi 2002) utilizza sistemi complessi i cui comportamenti scaturiscono dall'opportuna interazione di un numero solitamente elevato di componenti più semplici.

### 3. Il dinamicismo

Analogamente al computazionalismo, anche il dinamicismo (Giunti 1995, 1996, 1998a) prescrive un particolare *stile di spiegazione* dei fenomeni cognitivi. Tuttavia, mentre per il computazionalismo tali spiegazioni devono utilizzare concetti tratti dalla teoria standard della computazione, per il dinamicismo la *teoria* matematica di riferimento è quella *dei sistemi dinamici*. In questa prospettiva, il concetto centrale nell'analisi dei modelli è quello di evoluzione dinamica. Spazio degli stati, orbita, attrattore, biforcazione, ecc. sono altri tipici concetti utilizzati nelle spiegazioni di tipo dinamico. Analogamente al computazionalismo, anche il dinamicismo presuppone che i modelli impiegati cadano nel dominio di applicazione della sua teoria di riferimento (cioè, la teoria dei sistemi dinamici), perché solo per tali sistemi i concetti menzionati sopra hanno un senso ben preciso, definito dalla teoria stessa. Come chiarito da Smolensky (1988), i modelli connessionisti, essendo sistemi dinamici, supportano in modo naturale spiegazioni di questo tipo.

### 4. I modelli di simulazione e le carenze della Scienza Cognitiva ad essi imputabili

Un *modello di simulazione* (Giunti 1995, 1997) è un sistema astratto (matematico) che permette di produrre simulazioni corrette (di solito mediante un calcolatore digitale) di un fenomeno reale. Una simulazione è corretta nel senso che si può stabilire empiricamente che il fenomeno simulato è simile a quello reale sotto diversi aspetti caratteristici. Dato un fenomeno specifico, è di solito chiaro quali aspetti debbano essere considerati caratteristici, e quali metodi empirici si possano impiegare per stabilire la somiglianza tra il fenomeno reale e quello simulato.

I modelli di simulazione costituiscono il paradigma dominante nella Scienza Cognitiva. Tuttavia, a causa della loro costituzione, i modelli di simulazione hanno forti limitazioni, sia al livello della *descrizione* dei dati relativi a uno specifico fenomeno, che a quello della loro *spiegazione*. Il limite descrittivo sta nel fatto che la corrispondenza fra i risultati di una simulazione e i dati relativi al fenomeno reale non è mai diretta e intrinseca ma, al più, indiretta e estrinseca. Ciò accade perché il modello non incorpora mai proprietà misurabili (grandezze) del fenomeno reale come sue componenti costitutive ma, piuttosto, solo come sue caratteristiche globali e superficiali. Il limite esplicativo consiste nel fatto che le spiegazioni supportate dal modello non sono mai compiute e realistiche ma, piuttosto, solo in linea di principio e romanzesche. Anche questo secondo limite è dovuto al fatto che le varie componenti di un modello di simulazione non corrispondono direttamente ad aspetti del fenomeno reale. Di conseguenza, qualsiasi spiegazione basata sull'analisi di un tale modello è irrimediabilmente destinata a introdurre tutta una serie di elementi fittizi che non hanno alcun corrispettivo nel fenomeno reale.

### 5. Il simulazionismo

Il simulazionismo (Giunti 1998b), per non essendo propugnato esplicitamente da nessuno dei cinque approcci, costituisce l'ipotesi metodologica tacitamente condivisa che di fatto indirizza la stragrande maggioranza delle ricerche nella Scienza Cognitiva. Ciò ha come conseguenza che tali ricerche non possono superare i limiti descrittivi ed esplicativi inerenti ai modelli di simulazione. Ne consegue che chiunque si ponga nella prospettiva del superamento di tali limiti dovrà necessariamente abbandonare il simulazionismo. Si pone quindi il problema di delineare un'alternativa possibile a tale ipotesi.

### 6. Un futuro possibile: il paradigma Galileiano

I modelli Galileiani (così chiamati in Giunti 1995 e 1997 perché fu Galileo che per primo li utilizzò sistematicamente per render conto dell'oscillazione di un pendolo, della caduta libera di un grave, del moto su un piano inclinato e del lancio di un proiettile) sono sistemi dinamici (discreti o continui, reversibili o irreversibili) il cui spazio degli stati ha  $n$  ( $1 \leq n$ ) dimensioni o componenti. Il punto fondamentale è che ciascuna componente ha un'interpretazione precisa e definita, in quanto essa corrisponde ad una proprietà misurabile (grandezza) del fenomeno reale che il modello

descrive. Inoltre, il modello è corretto, nel senso che tutte le misurazioni di tali grandezze corrispondono (entro i limiti di precisione delle misurazioni) ai valori determinati dal modello.

E' chiaro che, a causa della loro costituzione, i modelli Galileiani sono in grado di superare i limiti descrittivi ed esplicativi tipici dei modelli di simulazione. Infatti, in primo luogo, la descrizione dei dati è diretta e intrinseca, in quanto ciascuna componente del modello determina i valori di una specifica grandezza del fenomeno descritto. Secondo, le spiegazioni supportate da questo tipo di modello sono compiute e realistiche; infatti, siccome ciascuna componente del modello corrisponde ad una ben precisa grandezza del fenomeno reale, qualsiasi spiegazione basata sull'analisi di tale modello non può introdurre alcun elemento fittizio o arbitrario.

Per queste ragioni, chiunque sia interessato al miglioramento dei risultati della Scienza Cognitiva, sia al livello descrittivo che a quello esplicativo, dovrebbe prendere in seria considerazione la prospettiva di costruire modelli Galileiani di fenomeni cognitivi. Ho espresso questo auspicio per la prima volta nel mio contributo (Giunti 1995) al volume *Mind as Motion* di Port e Van Gelder, e poi l'ho riproposto in modo più ampio e motivato nell'ultimo capitolo del libro *Computation, Dynamics, and Cognition* (Giunti 1997). A tutt'oggi, tuttavia, non sono a conoscenza di un chiaro esempio di modello Galileiano di un fenomeno cognitivo.

Le ragioni di ciò possono essere molteplici. In primo luogo, la mia vasta ignoranza.<sup>1</sup> Secondo, supposto che un tale modello non sia già stato elaborato, il compito è sicuramente difficile. Si tratta infatti, prima di tutto, di trovare il fenomeno cognitivo per il quale la costruzione di un modello Galileiano sia sufficientemente semplice (questo fenomeno costituirebbe il primo *esemplare*, nel senso di Kuhn 1962, di un possibile nuovo paradigma della Scienza Cognitiva). Inoltre, si tratta di isolare le grandezze necessarie per la descrizione di tale fenomeno (cioè, determinare le componenti del modello) e di inventare metodi di misurazione adeguati per almeno alcune di tali grandezze. Infine, occorre determinare le particolari relazioni che sussistono fra queste grandezze o, in altre parole, la specifica forma matematica (le equazioni) del modello stesso. Sebbene il compito sia difficile, non vedo alcuna ragione di principio per cui, perseguendolo con la sufficiente ostinazione e chiarezza, non lo si possa effettivamente realizzare. Non resta quindi che provare.

### Riferimenti bibliografici

- Cangelosi, A. e Parisi, D. (eds.) (2002). *Simulating the Evolution of Language*. Berlin: Springer.
- Clark, A. (1997). *Being there*. The MIT Press, Cambridge, MA.
- Johnson Laird, P. N. (1988). *The Computer and the Mind*. Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Kuhn, T. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. The University of Chicago Press, Chicago.
- Giunti, M. (1992). *Computers, Dynamical Systems, Phenomena, and the Mind*. Doctoral dissertation. Dept. of History and Philosophy of Science, Indiana University, Bloomington, IN.
- (1995). Dynamical models of cognition. In *Mind as Motion* (pp. 549-571). Vedi Port e Van Gelder 1995.
- (1996). Beyond computationalism. In G. W. Cottrell (ed.). *Proceedings of the 18th Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 71-75). L. Erlbaum Associates, Mahwah, NJ.
- (1997). *Computation, Dynamics, and Cognition*. Oxford University Press, New York.
- (1998a). Is computationalism the hard core of cognitive science? In M. Abrusci e al. (a cura di). *Prospettive della Logica e della Filosofia Della Scienza. Atti del Convegno Triennale SILFS, Roma, 3-5 gennaio 1996* (pp. 255-267). Edizioni ETS, Pisa.
- (1998b). Dinamica e cognizione: aspetti di una ricerca. In E. Bellone e G. Boniolo (a cura di). *Storia e Filosofia della Scienza: Un Possibile Scenario Italiano. Atti del Convegno "Storia e Filosofia delle Scienze: Lo Stato delle Ricerche Italiane di Punta", Padova, 28-30 maggio 1997* (pp. 89-98). Milano.

- (2005). Is being computational an intrinsic property of a dynamical system? In pubblicazione negli *Atti del Terzo Congresso Nazionale di Sistemica (A.I.R.S.)*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.  
<<http://edu.supereva.it/giuntihome.dadacasa/download/papers/intcomtrento-submitted1bis.doc>>
- Langton, C. (1989). *Artificial Life*. Addison-Wesley, Redwood City, CA.
- Newell, A. (1980). Physical symbol systems. *Cognitive Science*, **4**: 135-183.
- Newell, A. e Simon, H. (1972). *Human Problem Solving*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Parisi, D. (1999). *Mente. I nuovi modelli della Vita Artificiale*. Il Mulino, Bologna.
- Penna, M. P. e Ciaralli, P. (1996). A Systemic Perspective on Cognitive Operation of Iconic Memory. In E. Pessa, M. P. Penna, A. Montesanto (eds.). *3rd Systems Science European Congress* (pp. 533-536). Kappa, Roma.
- Penna, M. P. e Pessa, E. (1992). La memoria iconica: elaborazione modulare o elaborazione parallela? in *Comunicazioni Scientifiche di Psicologia Generale*, **8**: 151-178.
- (1998). A Connectionist Model of Perceptual Field Dynamics in Homogeneous Stimulus Areas”. In F. E. Ritter e R. M. Young (eds.). *Proceedings of the Second European Conference on Cognitive Modelling (ECCM-98)* (pp. 120-126). Nottingham University Press, Nottingham, UK.
- Port, R. F. e Van Gelder, T. J. (eds.) (1995). *Mind as Motion: Explorations in the Dynamics of Cognition*. The MIT Press, Cambridge, MA.
- Pylyshyn, Z. W. (1984). *Computation and Cognition*. The MIT Press, Cambridge, MA.
- Rumelhart, D. E. e McClelland, J. L. (eds.) (1986). *Parallel distributed processing*. 2 voll. The MIT Press, Cambridge, MA.
- Smolensky, P. (1988). On the proper treatment of connectionism. *Behavioral and Brain Sciences*, **11**: 1-74
- Van Gelder, T. J. (1998). The dynamical hypothesis in Cognitive Science. *Behavioral and Brain Sciences*, **21**: 615-665.
- Van Gelder, T. J. e Port., R. F. (1995). It's about time: an overview of the dynamical approach to cognition. In *Mind as Motion* (pp. 1-43). Vedi Port e Van Gelder 1995.
- Varela, F., Thompson, E. e Rosch, E. (1991). *The Embodied Mind: Cognitive Science and Human Experience*. The MIT Press, Cambridge, MA.

---

<sup>1</sup> Eliano Pessa e Maria Pietronilla Penna mi hanno gentilmente messo al corrente (comunicazione personale) che l'idea di utilizzare modelli di tipo Galileiano è stata da loro perseguita in una serie di lavori sulla memoria iconica (Penna e Pessa 1992, 1998; Penna e Ciaralli 1996).