

Panorama e prospettive dell'approccio dinamico in scienza cognitiva

Marco Giunti

Università di Cagliari

giunti@unica.it

Sommario

1/3

- Panorama: 4 tendenze principali nell'Approccio Dinamico
- *Ipotesi Dinamica* di van Gelder: unificazione mancata
- Ipotesi minima comune: il *dinamicismo*
 - abbandono del *computazionalismo puro*
 - distinzione dall'approccio simbolico e dal connessionismo computazionale

- Continuità metodologica fra approccio simbolico, connessionista e dinamico: il *simulazionismo*, vero dogma della scienza cognitiva
- Limitazioni epistemologiche della metodologia simulazionista
 - Descrizioni estrinseche dei dati
 - Spiegazioni irrealistiche (in linea di principio, romanzesche, fictional) dei fenomeni cognitivi

- Modellizzazione dinamica standard: la metodologia Galileiana
 - La vera alternativa dinamica al simulazionismo
- Perché la metodologia Galileiana non è sottoposta ai limiti descrittivi ed esplicativi del simulazionismo
- La prospettiva di una scienza cognitiva Galileiana
 - Ipotesi teorica o pratica di ricerca già consolidata?

Le origini dell'approccio dinamico

1. La cibernetica degli anni '40 - '50 (Wiener, Ashby)
2. La teoria delle reti neurali degli anni '50-'60 e sviluppi successivi (McCulloch, Grossman)
3. Metodi/concetti dinamici di origine fisica applicati a fenomeni biologici (coordinazione motoria – Turvey, Kugler, Kelso)
4. Sviluppi della teoria matematica dei sistemi dinamici (René Thom – teoria delle catastrofi applicata allo studio del linguaggio)
5. Sviluppi in senso dinamico dell'approccio ecologico di Gibson alla psicologia della percezione

Gli anni '90 – la nascita dell'Approccio Dinamico

- Atto di nascita “ufficiale” dell'Approccio Dinamico: *Indiana University Conference on Dynamic Representation in Cognition*, Bloomington, IN, 14-17 nov 1991
 - iniziativa di un gruppo di filosofi, linguisti e psicologi dell'Indiana University: Tim van Gelder, Robert Port, Esther Thelen, Linda Smith, James Townsend e altri
- Atti ampliati e rivisti del convegno: Port e van Gelder (a cura di) (1995), *Mind as Motion*, The MIT Press

1. Connessionismo dinamico

- Alcuni dei più noti esponenti: Grossberg, Elman, Pollack; Smolensky (1985) “On the proper treatment of connectionism”.
- I modelli che meglio descrivono i fenomeni cognitivi sono le reti neurali;
- ma il comportamento di tali reti non può essere compreso se non analizzando la loro *dinamica*;
- i processi cognitivi non possono essere visti, semplicemente, come *computazioni*;
- ciò è tanto più vero quanto più le reti utilizzate si discostano dalla semplice architettura di un *feed-forward network*.

2. Modellizzazione dinamica a poche dimensioni – caratteristiche 1/4

- Modelli specificati mediante sistemi di equazioni differenziali ordinarie (tempo continuo) o di equazioni alle differenze finite (tempo discreto).
- Il numero delle dimensioni in questo tipo di modelli è spesso molto basso, nell'ordine di poche unità, o perfino di una sola.
- Ciascuna dimensione (o *componente*) dello spazio degli stati ha una specifica *interpretazione*, che la fa corrispondere a una ben precisa *grandezza* del fenomeno cognitivo descritto dal modello.
- Alcune di queste grandezze sono misurabili.

2. Modellizzazione dinamica a poche dimensioni – caratteristiche 2/4

- La corrispondenza fra il modello e il fenomeno *non è una simulazione*, ma una corrispondenza quantitativa fra le serie temporali misurate di una o più grandezze e le serie temporali previste dal modello.
- Questa corrispondenza quantitativa si situa al livello delle *componenti di base o, costitutive*, della dinamica del modello stesso, mediante le *grandezze* che interpretano ciascuna dimensione dello spazio degli stati.
- Nei modelli di simulazione (connessionisti o simbolici) le componenti di base non hanno alcuna interpretazione, e la corrispondenza con i dati avviene a un livello più superficiale, o emergente, della dinamica del modello.

2. Modellizzazione dinamica a poche dimensioni – un esempio

3/4

- Un semplicissimo modello della crescita lessicale (van Geert 1995): $L_{n+1} = L_n(1 + r - rL_n/k)$
- Interpretazione (dimensione del modello: 1)
 - 1 sola variabile di stato discreta L_n := numero di enunciati di 1 parola imparati da un bambino di età fra 10-17 mesi al tempo n ;
 - $n, n+1, \dots$:= tempo discreto, in quanto si ipotizza che il fenomeno presenti un *ritardo di retroazione (feedback delay)* stimato, per questo modello, in 2 settimane;
 - costante k := *carrying capacity* livello massimo di crescita di L_n , valore stimato $k = 340$ enunciati;
 - parametro r := parametro di crescita, valore stimato $r = 0,3$.
- Adeguatezza empirica: buona corrispondenza con serie temporale di 32 misurazioni settimanali successive.

2. Modellizzazione dinamica a poche dimensioni – classificazione 4/4

- Classificazione di gruppi di modelli a poche dimensioni in base alla più o meno netta distinguibilità dai modelli di simulazione:
 1. i modelli della crescita cognitiva di van Geert;
 2. vari modelli relativi alla coordinazione, al controllo motorio e alle abilità percettive elaborati da Turvey, Carello, Kelso, Saltzman e altri;
 3. i modelli dei processi di decisione (Decision Field Theory) di Townsend e Busemeyer;
 4. i modelli degli agenti autonomi di Beer.

3. Descrizione dinamica di dati senza modelli – caratteristiche 1/2

- Thelen e Smith (1993, 1994) e altri: studi sullo sviluppo cognitivo e motorio.
- Spesso i dati a disposizione non permettono la costruzione di modelli adeguati.
- Tuttavia, l'uso di concetti e metodi della teoria matematica dei sistemi dinamici può permettere di estrarre importanti aspetti qualitativi (ma a volte anche quantitativi) dai dati disponibili.

3. Descrizione dinamica di dati senza modelli – un esempio

2/2

- Negli studi condotti da Esther Thelen sullo sviluppo della capacità di raggiungere e afferrare oggetti, i movimenti adeguati sono concettualizzati come particolari attrattori che, a un certo stadio di sviluppo, caratterizzano lo spazio dei possibili movimenti.
- Questi attrattori emergono via via che la dinamica si modifica sotto l'influenza di parametri quali la pratica delle azioni stesse e la crescita corporea.

4. Interpretazione cognitiva di strutture dinamiche

- Non si costruiscono *modelli* dinamici, ma si utilizza la *teoria matematica* dei sistemi dinamici per la descrizione o spiegazione di particolari aspetti della cognizione.
- Si parte dalla teoria matematica, che permette di costruire una serie di strutture dinamiche, e si dà poi a queste strutture una particolare interpretazione di tipo cognitivo, anche in mancanza di dati empirici che la supportino più o meno direttamente.
- Jean Petitot: costruzione di strutture linguistiche (sintattiche e semantiche) mediante l'approccio morfodinamico di René Thom.

L'Ipotesi Dinamica [ID] di van Gelder 1/3

- Nel 1998 van Gelder tentò un'unificazione delle varie tendenze dell'approccio dinamico sulla base dell'*Ipotesi Dinamica*.
- Il tentativo non ebbe il successo sperato.
- Critiche ingenerose anche da parte degli stessi dinamicisti, ma l'ipotesi dinamica di van Gelder era comunque debole sotto almeno due aspetti.

L'Ipotesi Dinamica [ID] di van Gelder 2/3

- Con [ID] van Gelder tentò di definire un particolare *tipo di modello*, da lui denominato *quantitativo*, che avrebbe dovuto caratterizzare l'approccio dinamico.
- Come messo in evidenza da diversi commentatori, la definizione di van Gelder risulta troppo poco elaborata:
 - non permette di delineare un tipo di modello che rappresenti una chiara alternativa ai modelli simbolici o a quelli connessionisti;
 - non chiarisce quali siano i vantaggi che potrebbero derivare dall'utilizzo di un modello dinamico quantitativo invece di uno simbolico o connessionista.

L'Ipotesi Dinamica [ID] di van Gelder 3/3

- [ID] non chiarisce quale sia la metodologia “ufficiale” dell’approccio dinamico:
 - il simulazionismo del connessionismo dinamico?
 - La modellizzazione a poche dimensioni?
 - La descrizione di dati senza modelli?
 - L’interpretazione cognitiva di strutture dinamiche?
- Se non si chiarisce questo, l’approccio dinamico non può aspirare a essere altro che un agglomerato di tendenze simili ma sostanzialmente indipendenti.

Il *Dinamicismo* [D] – ipotesi minima comune a tutto l'approccio dinamico

- E' possibile individuare un'ipotesi minima condivisa da (quasi) tutto l'approccio dinamico:
 - *Dinamicismo* [D] molti fenomeni cognitivi non sono adeguatamente spiegabili se non si analizza la *dinamica* di opportuni modelli di tali fenomeni.
- [D] è accettato come principio metodologico da (i) connessionismo dinamico e (ii) modellizzazione a poche dimensioni;
- [D] è accettato come ideale normativo da (iii) descrizione di dati senza modelli e (iv) interpretazione di strutture dinamiche.

Distinzione dell'approccio dinamico dagli approcci (i) simbolico e (ii) conness. comput.

- [D] è inconsistente con il *Computazionalismo Puro* [CP]:
 - [CP] ogni fenomeno cognitivo è adeguatamente spiegabile se si analizzano *soltanto* le *computazioni* che si verificano in opportuni modelli di tale fenomeno.
- [CP] è implicato dai principi dell'approccio simbolico:
 - *Ipotesi del sistema Simbolico Fisico* [ISF] (Newell e Simon 1976, Newell 1980);
- ma anche dal *Connessionismo Computazionale* [CC] (Rumelhart e McClelland 1986):
 - [CC] ogni fenomeno cognitivo è adeguatamente spiegabile se si analizzano soltanto le *computazioni parallele e distribuite* che si verificano in opportuni modelli *connessionisti* di tale fenomeno.

Il *Simulazionismo* [S] – dogma metodologico della scienza cognitiva

- Forte continuità metodologica fra approccio simbolico, connessionista e dinamico.
- Essi condividono tacitamente un'ipotesi metodologica molto generale, il *simulazionismo*:
 - [S] ogni fenomeno cognitivo è adeguatamente spiegabile sulla base di opportuni *modelli di simulazione* del fenomeno stesso.
- [S] è tanto più radicato quanto più la sua accettazione non è esplicita e cosciente, ma tacita e scontata;
 - falsa coscienza metodologica: modelli che non sono di simulazione vengono spesso presentati come se lo fossero.

Schema della metodologia simulazionista

Ogni fenomeno cognitivo H determina un ambiente con un relativo compito C_H (task-environment C_H); si tratta quindi di

- (i) elaborare un modello M che, una volta implementato su un normale calcolatore digitale, permetta al calcolatore di eseguire il compito C_H in modo rilevantemente simile a come lo eseguirebbe un essere umano o, più in generale, a come lo eseguirebbe un reale agente cognitivo A ;
- (ii) formulare l'ipotesi che alcuni dei processi descritti dal modello M corrispondano in misura adeguata ai reali processi cognitivi che stanno alla base della prestazione (performance) dell'agente A relativamente al compito C_H ;
- (iii) ricercare appropriati dati sperimentali che permettano di confermare o smentire tale ipotesi;
- (iv) accettare o rigettare l'ipotesi a seconda dei dati conseguiti.

Modello di simulazione – Definizione

- Un *modello di simulazione di un fenomeno cognitivo H* è un qualunque modello M che soddisfi le ipotesi (i) e (ii) del metodo della simulazione (vedi schema nella diapositiva precedente).

Limitazioni epistemologiche dei modelli di simulazione

1/2

- Limite descrittivo: la corrispondenza fra dati simulati e dati reali non è diretta e intrinseca al modello ma, al più, indiretta ed estrinseca.
 - Un modello di simulazione non incorpora proprietà misurabili (grandezze) del fenomeno reale fra le sue componenti di base;
 - e quindi la corrispondenza è ottenuta a un livello più superficiale e globale, ovvero fra i dati simulati relativi ad alcuni processi emergenti descritti dal modello e i dati reali relativi al fenomeno in questione.

Limitazioni epistemologiche dei modelli di simulazione

2/2

- Limite esplicativo: le spiegazioni non sono né compiute né realistiche – spiegazioni in linea di principio che fanno spesso ricorso a entità fittizie.
 - Le componenti di base di un modello di simulazione non corrispondono direttamente ad aspetti reali del fenomeno indagato;
 - di conseguenza, qualsiasi spiegazione fondata 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.

Modelli Galileiani – esempio

1/3

- I due limiti dei modelli di simulazione sono superati da un tipo di modello dinamico (*modello Galileiano* – Giunti 1995, 1997) utilizzato nella modellizzazione di molti fenomeni naturali e sociali (fisici, biologici, economici, ecc.).
- I modelli Galileiani sono chiamati così perché fu Galileo che li utilizzò per primo, per render conto di fenomeni quali l'oscillazione di un pendolo, la caduta libera di un grave, il moto su un piano inclinato e il lancio di un proiettile.
- Esempio: il modello Galileiano della caduta di un grave
 $\langle y'(t) = \dot{y}(t), \dot{y}'(t) = -\mathbf{g} \rangle$
sistema di 2 equazioni differenziali ordinarie – dimensione 2
 $y(t)$:= posizione verticale del grave
 $\dot{y}(t)$:= velocità verticale del grave
 \mathbf{g} := accelerazione di gravità

Modelli Galileiani – caratteristiche 2/3

- I modelli Galileiani 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 è identificata con l'insieme dei possibili valori di una *grandezza* del fenomeno reale descritto dal modello.
- Alcune di queste n grandezze (ma non necessariamente tutte) sono *misurabili* e, rispetto a queste, il modello risulta *empiricamente corretto*, nel senso che tutte le misurazioni di tali grandezze corrispondono (entro i limiti di precisione delle misurazioni stesse) ai valori previsti dal modello.

Modelli Galileiani – perché sono migliori dei modelli di simulazione 3/3

- E' chiaro che, a causa della loro costituzione, i modelli Galileiani sono in grado di superare i due limiti (descrittivo ed esplicativo) tipici dei modelli di simulazione.
- Primo, la descrizione dei dati è diretta e intrinseca, in quanto ciascuna componente di base 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 a una ben precisa grandezza del fenomeno reale, qualsiasi spiegazione basata sull'analisi di tale modello non può introdurre alcun elemento fittizio o arbitrario.

La prospettiva di una scienza cognitiva programmaticamente Galileiana

- Chiunque sia interessato al miglioramento dei risultati della scienza cognitiva, dovrebbe prendere in seria considerazione la prospettiva di costruire modelli Galileiani di fenomeni cognitivi.
- Questa prospettiva è solo una possibilità teorica o è già sostanziata da una pratica di ricerca consolidata?

La metodologia della modellizzazione dinamica a poche dimensioni è di fatto Galileiana

- Abbiamo visto che la modellizzazione dinamica a poche dimensioni utilizza molto raramente veri e propri modelli di simulazione, e alcuni dei modelli da essa proposti sono certamente modelli Galileiani.
- Dunque, la metodologia Galileiana è quella che meglio si accorda con le ricerche condotte nell'ambito di questa tendenza.
- Ma questo fatto non è stato ancora abbastanza sottolineato e riconosciuto esplicitamente, probabilmente per due ragioni.

Il non esplicito riconoscimento della metodologia Galileiana – ragioni 1/2

- Primo, a causa dell'egemonia del simulazionismo, anche alcuni modelli che non sono di simulazione, ma a tutti gli effetti Galileiani, si presentano travestiti in forma simulazionista.
- Ciò rende difficile il riconoscimento della novità e del vero valore di queste ricerche per il miglioramento della scienza cognitiva.

Il non esplicito riconoscimento della metodologia Galileiana – ragioni 2/2

- Secondo, i modelli Galileiani, come al momento definiti, non riescono a includere *tutti* i tipi di modelli utilizzati nella modellizzazione a poche dimensioni.
- Per esempio, alcuni di questi modelli sono probabilistici e quindi, a rigore, non rientrano fra i modelli Galileiani, perché questi ultimi sono tutti sistemi dinamici deterministici.
- Il concetto di modello Galileiano dovrebbe quindi essere generalizzato, in modo da sussumere almeno alcuni fra i tipi più diffusi di modelli probabilistici.

Tipi di fenomeni cognitivi a cui la metodologia Gaileiana si applica

- Tuttavia, anche limitandoci a modelli deterministici, i modelli Galileiani si sono già dimostrati utili per la descrizione accurata e la spiegazione di *alcuni tipi* di fenomeni cognitivi.
- Fra essi, possiamo ricordare i fenomeni riguardanti la *crescita cognitiva*, studiati da van Geert, o i fenomeni riguardanti la *coordinazione motoria* studiati, fra gli altri, da Turvey e Kelso.
- Un altro tipo di fenomeno cognitivo che è molto probabilmente descrivibile in modo accurato mediante modelli di tipo Galileiano è quello dei fenomeni di *computazione umana*, ovvero, tutti quei fenomeni cognitivi che riguardano l'esecuzione di calcoli con carta e penna (Giunti 2009).

E' tutto.

Grazie