

Il mentale in una mente che cambia.

3 - L'approccio per processi concorrenti.ⁱ

Renzo Beltrameⁱⁱ

L'approccio per processi concorrenti descritto in questo scritto si propone come uno strumento per lo studio del mentale in termini di attività.¹

Studiare il mentale come attività rende pervasiva la memoria procedurale, la memoria cioè di come si fanno le cose e come si usano gli oggetti [Beltrame, 2015]. In questo modo, studiare un movimento del corpo, lo svolgersi di un pensiero, o la costruzione di un concetto, ammettono lo stesso approccio metodologico.

Cambieranno gli strumenti usati e dove guardare, ma non il modo di studiare. Varranno distinzioni entro un quadro unitario, ma non separazioni. E se si considera la nostra architettura biologica come il sistema che realizza tutta la nostra attività, al suo interno si potranno distinguere tipi diversi di operare: mentale, fisico, etc.; e i relativi soggetti. Ma verrà meno ogni forma di dualismo.

Nell'approccio qui proposto, l'attività mentale è studiata nel contesto delle sue interdipendenze con le altre attività del soggetto.² E a questo scopo vengono introdotte un numero di attività elementari sufficienti a supportare i parallelismi richiesti.

Le interdipendenze non sono fisse. Risulterebbe escluso l'apprendimento, che è invece attivo nei modi proposti dalla memoria procedurale. L'approccio permette quindi che per effetto dell'attività svolta si costituiscano nuove interdipendenze e si modifichino quelle precedenti.

Per questo si è scelto un approccio di tipo quantitativo. I processi sono interamente connessi, ciascun processo è cioè connesso con tutti gli altri, e le interdipendenze sono descritte quantitativamente dalle intensità attribuite alle connessioni.

L'intensità di ciascuna connessione è il prodotto di una componente di corto periodo, legata alla attività in corso, e una componente di lungo periodo che dipende, per accumulo, dalla storia operativa del soggetto.

L'intensità è allora una funzione del tempo che può variare a seconda dell'attività che si sta svolgendo. Per questo ad ogni attività elementare è associato un parametro quantitativo che caratterizza il suo livello di attività. E si hanno equazioni che legano le funzioni che descrivono il livello di attività dei processi, a quelle che descrivono l'intensità delle connessioni tra i processi.

L'interdipendenza tra le attività si manifesta attraverso il trascinarsi che un processo esercita sugli altri quando cambia il suo livello di attività. Il cambiamento si trasmette agli altri in proporzione all'intensità della connessione.

La scelta è motivata dal fatto che nell'uomo attività stazionarie prolungate nel tempo tendono a dare assuefazione, e andando oltre un certo limite inducono nell'organismo risultati diversi.³

L'approccio propone quindi un sistema di equazioni differenziali, che richiede per ogni problema le condizioni iniziali dalle quali appunto inizia lo svolgersi dell'attività totale. E il calcolo, tipicamente con l'aiuto di un computer, fornisce i risultati numerici che la descrivono per il tempo previsto.

Le condizioni iniziali precisano le interdipendenze in atto fra le attività elementari e i loro livelli di attività. A queste vanno aggiunte le interazioni con l'ambiente che si intende far intervenire, precisando di quali attività elementari fanno variare il livello di attività, in che misura, e quando.

Cambiando le condizioni iniziali e le interazioni con l'ambiente, è quindi possibile affrontare una vasta gamma di problemi, verificando anche in quale misura un approccio costituito da un numero molto limitato di regole semplici, renda conto della fenomenologia.

ⁱMethodologia Online - Working Papers - WP 349 - 2020 (2020-04-30)

ⁱⁱNational Research Council of Italy - Pisa Research Campus - Via Moruzzi 1, 56124 PISA - Italy email: renzo.beltrame@isti.cnr.it

Pur impiegando una trattazione di tipo quantitativo, si tratta di un approccio per attività. Della loro realizzazione in una architettura biologica è conservato un vincolo di ordine metodologico: l'attività dei processi e le loro interazioni debbono essere compatibili con quelle di un sistema di processi fisici. La conoscenza di come l'organismo umano ottenga i risultati nei quali pensiamo intervenga attività mentale, ha ancora importanti zone d'ombra per poter istituire collegamenti più stretti.

Una presentazione sintetica dell'approccio

L'approccio per processi concorrenti qui proposto⁴ prevede un numero N finito di processi indicati con P_1, \dots, P_N .

Ogni processo è pensato interagire con tutti gli altri, e l'intensità dell'interazione varia in generale nel tempo. Ciascuna interazione è quindi descritta da una funzione del tempo $m_{ij}(t)$ continua insieme alle sue derivate.

Un cambiamento del livello di attività di un processo P_i , descritto dalla derivata rispetto al tempo $\frac{d}{dt}p_i$, induce su ogni altro processo P_j un cambiamento del livello di attività dato dall'equazione:

$$\frac{d}{dt}p_{ij}(t) = \frac{m_{ij}(t)}{\sum_{j \neq i} m_{ij}(t)} \frac{d}{dt}p_i(t) \quad (1)$$

dove con $m_{ij}(t)$ è indicata la funzione del tempo che descrive l'intensità del legame tra il processo P_i e il processo P_j .

Il cambiamento del livello di attività di un processo diffonde quindi in maniera direttamente proporzionale all'intensità dei legami che esso ha in quel momento con gli altri processi. L'espressione a denominatore

$$M_i(t) = \sum_{j \neq i} m_{ij}(t) \quad (2)$$

è appunto il fattore di normalizzazione.

L'intensità del legame $m_{ij}(t)$ è, come discusso in [Beltrame, 2020b], prodotto di due termini. Il primo descrive la componente di corto periodo dell'intensità del legame, ed è dato da

$$s_{ij}(p_i, p_j) p_i(t) p_j(t) \quad (3)$$

dove si ha una dipendenza dal prodotto dei livelli di attività dei due processi interagenti, e la funzione $s_{ij}(p_i, p_j)$ dei livelli di attività dei due processi modula una secca dipendenza lineare dal prodotto dei livelli di attività.

I legami sono monodirezionali, e questo è ottenuto definendo

$$s_{ij}(p_i, p_j) \neq s_{ji}(p_j, p_i) \quad (4)$$

Il secondo termine di $m_{ij}(t)$ è dato da

$$c_{ij}(t) = c_{ij}(t_0) + \int_{t_0}^t k_{ij}(p_i, p_j) p_i(v) p_j(v) dv - \int_{t_0}^t r_{ij}(p_i, p_j) dv \quad (5)$$

e descrive la componente di lungo periodo dell'intensità del legame con un accumulo che dipende dal prodotto dei livelli di attività dei due processi interagenti. La funzione $k_{ij}(p_i, p_j)$ modula la dipendenza impiegando una funzione diversa da quella che interviene nella componente di corto periodo.

Le funzioni $k_{ij}(p_i, p_j)$ sono fissate in modo che nella diffusione dei cambiamenti del livello di attività dei processi la componente di lungo periodo dei legami sia discriminante solo tra valori simili della componente di corto periodo.

Il decadimento introdotto dal secondo integrale, tiene conto che la memoria di un fatto tende ad affievolirsi col trascorrere del tempo.

La funzione $r_{ij}(p_i, p_j)$ è definita in maniera che non si azzeri la componente di lungo periodo dei legami tra i processi. In questo modo non viene mai meno la completa connettività tra i processi.

L'intensità di ogni legame è quindi data da

$$m_{ij}(t) = s_{ij}(p_i, p_j) p_i(t) p_j(t) c_{ij}(t) \quad (6)$$

e i legami sono monodirezionali

$$m_{ij}(t) \neq m_{ji}(t) \quad (7)$$

Su ogni processo elementare P_i abbiamo la confluenza dei cambiamenti indotti dalle azioni degli altri processi, ognuno dei quali contribuisce per

$$\frac{d}{dt} p_{ji}(t) = \frac{m_{ji}(t)}{M_j(t)} \frac{d}{dt} p_j(t) \quad \text{per } j \neq i \quad (8)$$

A questi va aggiunto un termine

$$\frac{d}{dt} p_{ii}(t) = -m_{ii}(p_i) p_i(t) p_i(t) \quad (9)$$

che tiene conto nella forma riassuntiva di una dispersione, che non è corretto discretizzare l'interazione perché si trascurano effetti trasversali.⁵ Si ha quindi un rallentamento legato al quadrato dell'attività corrente per simmetria con gli altri termini, e modulato anch'esso da una funzione $m_{ii}(p_i)$ del livello di attività del processo.

Per ognuno degli N processi che compongono il sistema a processi concorrenti si ha quindi

$$\frac{d}{dt} p_i(t) = -m_{ii}(p_i) p_i(t) p_i(t) + \sum_{j \neq i} \frac{m_{ji}(t)}{M_j(t)} \frac{d}{dt} p_j(t) \quad (10)$$

In assenza di azioni su un processo, di solito perché è nulla la risultante di quelle che vi agiscono, il processo diventa stazionario: procede cioè mantenendo il livello di attività che aveva al cessare delle interazioni.

Nelle applicazioni si incontrano spesso casi nei quali le interazioni con l'ambiente avvengono soltanto attraverso una parte dei processi elementari che compongono il sistema, distinguendo tra recettori ed effettori. E in questi casi si può definire una interfaccia tra il sistema e l'ambiente.

In questa presentazione si considera il caso più generale in cui qualsiasi processo elementare possa avere interazione con l'ambiente.⁶

Il cambiamento del livello di attività indotto dall'interazione con l'ambiente è notato per ogni processo P_i con una funzione del tempo $\frac{d}{dt} p_{oi}(t)$.

Tenendo conto dell'interazione con l'ambiente, per ogni processo elementare si ha quindi

$$\frac{d}{dt} p_i(t) = \frac{d}{dt} p_{oi}(t) - m_{ii}(p_i) p_i(t) p_i(t) + \sum_{j \neq i} \frac{m_{ji}(t)}{M_j(t)} \frac{d}{dt} p_j(t) \quad (11)$$

Nel sistema nervoso dell'uomo si hanno fibre nervose con differenti velocità di propagazione.⁷ Il ritardo negli effetti dell'interazione è sensibile e se ne può tenere conto introducendo un termine τ_{ij} per ogni singola interazione di un processo con un altro.

In queste condizioni l'equazione (11) a pag. 3 diventa

$$\frac{d}{dt} p_i = \frac{d}{dt} p_{oi}(t) - m_{ii}(t) p_i(t) p_i(t) + \sum_{j \neq i} \frac{m_{ji}(t - \tau_{ji})}{M_j(t - \tau_{ji})} \frac{d}{dt} p_j(t - \tau_{ji}) \quad (12)$$

dove i vari τ_{ji} descrivono i ritardi con cui gli effetti delle azioni arrivano al processo target, e le funzioni m_{ji} e N_j sono calcolate tenendo conto dei ritardi τ_{ji} , quindi

$$m_{ji}(t - \tau_{ji}) = s_{ji}(p_j(t - \tau_{ji}), p_i(t - \tau_{ji})) p_j(t - \tau_{ji}) p_i(t - \tau_{ji}) c_{ji}(t - \tau_{ji}) \quad (13)$$

dove

$$c_{ji}(t - \tau_{ji}) = c_{ji}(t_0) + \int_{t_0}^{t-\tau_{ji}} k_{ji}(p_j, p_i) p_j(v) p_i(v) dv - \int_{t_0}^{t-\tau_{ji}} r_{ji}(p_j, p_i) dv \quad (14)$$

Nell'approccio si hanno N processi per cui lo svolgersi dell'attività è retto da un sistema di N equazioni del tipo (12) a pag. 3

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} P_1(t) &= \frac{d}{dt} P_{01}(t) - m_{11}(t) P_1(t) P_1(t) + \sum_{j \neq 1} \frac{m_{j1}(t - \tau_{j1})}{M_j(t - \tau_{j1})} \frac{d}{dt} P_j(t - \tau_{j1}) \\ &\dots \\ &\dots \\ \frac{d}{dt} P_N(t) &= \frac{d}{dt} P_{0N}(t) - m_{NN}(t) P_N(t) P_N(t) + \sum_{j \neq N} \frac{m_{jN}(t - \tau_{jN})}{M_j(t - \tau_{jN})} \frac{d}{dt} P_j(t - \tau_{jN}) \end{aligned} \quad (15)$$

E a queste vanno aggiunte le $N \times N$ equazioni del tipo (13) a pag. 4.

Lo svolgimento dell'attività è descritto matematicamente da un sistema di equazioni integro-differenziali non lineari e con ritardi. Per i singoli problemi occorre perciò affidarsi ad una soluzione su calcolatore, che nell'impostazione e nell'analisi dei risultati diventa analoga ad una simulazione dell'attività che si intende studiare.

L'approccio ha analogie con l'uso delle "coupling functions", di cui una presentazione recente è in [Stankovski et al., 2017]. Si caratterizza per l'attenzione a correlazioni locali e di breve durata, oltre che per il marcato interesse ai modi che le promuovono e le fanno cessare.

La specializzazione dell'approccio

L'approccio descritto in precedenza ha carattere molto generale. Riassumendo, è costituito da un insieme di attività elementari fra loro interdipendenti

- caratterizzate da una sola variabile: il livello di attività
- fra loro interamente connesse con legami monodirezionali caratterizzati da una sola variabile: l'intensità del legame
- che interagiscono fra loro diffondendo i cambiamenti del livello di attività in maniera direttamente proporzionale all'intensità dei legami

I legami hanno intensità data dal prodotto di due componenti:

- una con azione a corto periodo legata al prodotto dei livelli di attività dei due processi connessi
- una con azione a lungo periodo che integra rispetto al tempo il valore della componente di corto periodo

L'approccio ammette anche una parallela descrizione per processi. In essa, ad ogni attività elementare corrisponde un processo caratterizzato dal corrispondente livello di attività, e i processi sono fra loro interamente connessi da legami che hanno i medesimi valori di quelli fra le attività elementari. Entrambe le descrizioni verranno usate nel seguito.

L'impiego dell'approccio richiede che vengano esplicitate le funzioni descritte nella presentazione. si tratta di una specializzazione che permette di tener conto di vincoli e di modi di funzionare dell'architettura della quale si studia l'attività. A questa vanno aggiunte le condizioni iniziali a partire dalle quali si studia lo svolgersi dell'attività.

In dettaglio, va fissato il numero N di processi elementari che si ritengono sufficienti per lo studio del problema, numero che in questo approccio è supposto fisso.⁸

Per ogni singolo legame va fissato il ritardo τ_{ij} con cui si propagano le azioni. Si tenga tuttavia presente che nel sistema nervoso umano, dove si ha un ampio ventaglio di velocità di propagazione lungo le fibre nervose, le fibre lunghe sono di solito mielinate ed hanno velocità di propagazione più alta. I ritardi hanno quindi un intervallo di variabilità più piccolo di quanto ci si potrebbe aspettare dall'intervallo delle velocità di propagazione.

Altre specializzazioni del modo di variare dell'intensità dei legami riguardano la componente di lungo periodo data da un'equazione del tipo (14) a pag. 4.

In questa equazione, che per comodità è riportata

$$c_{ij}(t - \tau_{ij}) = c_{ij}(t_0) + \int_{t_0}^{t-\tau_{ij}} k_{ij}(p_i, p_j) p_j(v) p_i(v) dv - \int_{t_0}^{t-\tau_{ij}} r_{ij}(p_j, p_i) dv$$

troviamo anzitutto un primo integrale rispetto al tempo del quale va fissata la funzione $k_{ij}(p_i, p_j)$ dei livelli di attività dei processi interagenti che ne modula il prodotto.

La componente di lungo periodo ha infatti un duplice limite. Non può assumere un valore troppo alto, perché ostacolerebbe la selezione svolta dall'attività in corso attraverso la componente di breve periodo. E deve variare entro un intervallo di valori sufficientemente ampio da differenziare il peso dei legami quando le componenti di corto periodo hanno valori simili.

Nel secondo integrale va fissata la funzione $r_{ij}(p_i, p_j)$ dei livelli di attività dei processi interagenti, che modula il decadimento della componente di lungo periodo, decadimento che è contrastato dal rafforzamento che si ha dall'altro integrale quando i due processi si svolgono con livelli di attività non trascurabili.

Si tratta di una funzione che interviene a caratterizzare la tipologia del soggetto, ad esempio tra chi ricorda a lungo, o chi dimentica facilmente. Ma la casistica in proposito è piuttosto vasta, perché vi sono situazioni che si ricordano a lungo e altre che vanno facilmente in oblio, rimanendovi inoltre più o meno a lungo. Entrano quindi in gioco vari fattori della dinamica di insieme dell'attività del soggetto.

Per la componente di corto periodo dell'intensità del legame, va fissata la funzione $s_{ij}(p_i, p_j)$ dei livelli di attività dei due processi interagenti, che nelle equazioni del tipo (13) a pag. 4 modula il prodotto di tali livelli.

Accanto al problema di evitare che l'intensità di un legame superi valori tali da polarizzare la dinamica di insieme, questa funzione può, ad esempio, venir definita in modo che assuma valori negativi, dando al legame carattere inibitorio.

Vi sono poi le funzioni $m_{ij}(p_i, p_j)$ delle equazioni (12) a pag. 3 che modulano il decadimento del livello di attività dei processi.

Questa decrescita interviene sensibilmente nel dar luogo a correlazioni tra i livelli di attività dei processi, e tra l'intensità dei legami: quindi su intervalli di tempo anche molto brevi.

Già da questa rapida scorsa emerge che l'approccio per processi concorrenti proposto, permette di affrontare una vasta gamma di problemi attraverso una opportuna specializzazione delle funzioni descritte in precedenza. La granularità possibile arriva infatti al singolo legame e al singolo processo.

Si può così andare da specializzazioni che riflettono una storia operativa molto povera, per studiare ad esempio come si costituisca la capacità di svolgere un'attività mentale più complessa e con quali effetti, anche con riferimento al periodo prenatale. Sino ad arrivare a specializzazioni che riflettono nella loro specificità particolari patologie.

Le condizioni iniziali: l'attività studiata in contesto

Alla specializzazione dell'approccio vista in precedenza, vanno aggiunti i dati classici per la soluzione di un sistema di equazioni differenziali: cioè

- le condizioni iniziali a partire dalle quali si vuole studiare l'attività
- le interazioni con l'ambiente che si vogliono far intervenire

le seconde sono analoghe alle funzioni che determinano una soluzione particolare di un sistema di equazioni differenziali.

Tra le condizioni iniziali intervengono anzitutto per ogni legame il valore della costante $c_{ij}(t_0)$ nell'equazione del tipo (14) a pag. 4, che stabilisce il valore iniziale della componente di lungo periodo dell'interazione tra i processi.

Si tratta di una serie di valori che hanno importanza determinante nello studio del problema scelto. Infatti mentre le funzioni viste in precedenza specializzano l'approccio caratterizzando essenzialmente il modo di agire del soggetto, l'insieme dei valori delle componenti di lungo periodo, caratterizza il modo di essere dal quale il soggetto inizia l'attività che si studia.

L'altra aggiunta essenziale alle condizioni iniziali è data dai valori dei livelli di attività dei processi con i quali inizia l'attività che si studia. Nel complesso delle condizioni iniziali, essi caratterizzano gli effetti dell'attività pregressa: assumono quindi un ruolo fondamentale nel caratterizzare le motivazioni con cui il soggetto inizia a svolgere l'attività che si studia.

Ma queste condizioni, pur fondamentali, non esauriscono il contesto. I sistemi biologici sono sistemi aperti, ma forse i sistemi naturali non sono mai chiusi, e occorre programmare le azioni dell'ambiente sul soggetto e le sue interazioni con l'ambiente, che interverranno nel periodo di tempo per cui si vuole studiare l'attività del soggetto.

Inseriti tutti questi dati, il sistema di equazioni (15) a pag. 4 permette di calcolare come si svolge l'attività dei singoli processi elementari, e come cambia la configurazione dell'intensità dei legami.

Il numero di processi necessari per affrontare problemi che coinvolgono attività mentale è tipicamente molto alto, e il calcolo comporta il ricorso a programmi di calcolatore.

I risultati sono tipicamente i valori successivamente assunti dai livelli di attività dei singoli processi nell'intervallo di tempo considerato, e i valori contemporaneamente assunti dalle componenti di breve e lungo periodo dell'intensità dei legami.

L'analisi dei risultati si prospetta molto simile a quelle che si fanno sui risultati di osservazioni e di misure fatte sul funzionamento di architetture biologiche. Tipicamente grafici che visualizzano l'andamento nel tempo dei valori ottenuti, e ricerca di correlazioni tra i valori assunti dalle varie grandezze misurate.

Dai vincoli stringenti che in psicologia occorre indurre sui soggetti dell'esperimento per avere risultati ragionevolmente ripetibili, ci si aspettano dinamiche complesse, e quindi una quantità notevole di dati grezzi.

Per l'animale è infatti necessario un condizionamento forte. Per l'uomo si mettono in atto circostanze altrettanto stringenti e specifiche, oppure si ricorre alla descrizione linguistica del compito, che di solito contiene informazioni sul tipo di risultato atteso. Quando poi, il compito non diventi addirittura verificare se sussista il risultato che ci si attende dall'esperimento.

Quest'ultima annotazione ci porta ad apprezzare di questo approccio l'aver l'attività mentale insieme a quella con cui è ottenuta.⁹

L'approccio si prospetta infatti veramente prezioso in contesti nei quali l'attività mentale di interesse è ottenuta con una complessa attività mentale di sua anticipazione, o passando per il ricordo, o mettendo in atto forme articolate di consapevolezza che per programma concludono in descrizioni linguistiche.¹⁰ Contesti che per la loro complessità richiedono però specifiche trattazioni.

La scalabilità dell'approccio

L'approccio per processi concorrenti descritto in precedenza è scalabile. Le equazioni che lo descrivono non cambiano infatti forma variando il numero di processi elementari, cambia solo il loro numero.

La scalabilità ammette la strategia di semplificare lo studio dall'attività di cui si vuol descrivere la storia, riducendo il numero di processi elementari impiegati a quelli strettamente necessari al caso in esame.

Tuttavia non è affatto facile compiere questa valutazione e si ha un notevole rischio di perdere attività significative che intervengono successivamente soltanto avendo in atto un maggior numero di processi elementari.

Nel sistema globale, infatti, le attività sono tipicamente attivate da correlazioni originate dall'attività precedente, e non è facile realizzare quali specificità si perdono riducendo il numero dei processi elementari, sostanzialmente perché è difficile immaginare come cambia la dinamica del sistema globale variando il numero dei processi.

In questo approccio i processi elementari sono intercambiabili, e si può ragionevolmente diminuire il rischio largheggiando sul numero dei processi impiegati.

L'attività basale del sistema a processi concorrenti

Un sistema con un numero elevato di processi elementari ed aperto ad interazioni con l'ambiente come il nostro, è continuamente in attività. Ma del resto la completa stasi di un organismo complesso è un evento così improbabile, da risultare quasi inconcepibile.

L'approccio per processi concorrenti impiegato, ammette una attività autonoma costituita dai continui interscambi dei cambiamenti del livello di attività dei processi, interscambi che riflettono l'interdipendenza tra le attività elementari.

Se il numero di processi elementari è sufficientemente alto, il sistema a processi concorrenti impiegato, una volta avviato, raggiunge rapidamente una situazione di attività estesa a tutti i processi e statisticamente priva di stasi.

È quindi interessante vedere quali meccanismi elementari, come vedremo pochi, diano origine a questa attività basale continua e pervasiva, entro la quale si originano le dinamiche di interesse per lo studio dell'attività mentale, legate essenzialmente a correlazioni tra l'attività di gruppi di processi.

L'interscambio messo in atto verso gli altri processi da un processo P_1 che cambi il proprio livello di attività secondo la funzione $\frac{d}{dt}p_1(t)$ è dato per ognuno degli altri processi da una equazione del tipo (16) a pag. 7

$$\frac{d}{dt}p_{ij}(t) = \frac{m_{ij}(t)}{\sum_{j \neq 1} m_{ij}(t)} \frac{d}{dt}p_1(t) \quad (16)$$

e si vede che il cambiamento partito da P_1 interessa tutti i processi in misura che dipende dall'intensità m_{ij} del loro legame.

Il valore delle frazioni che regolano la ripartizione è sempre minore di 1. Nella misura in cui le funzioni $m_{ij}(t)$ hanno valori molto simili, il cambiamento si ripartisce in misura sostanzialmente uguale su tutti i processi, che di solito sono molti. L'effetto tende quindi ad essere assai limitato.

Ciò si accentua nei successivi passi della propagazione. Al passo successivo, il processo P_j ridistribuisce quanto ricevuto da P_1 secondo l'equazione

$$\frac{d}{dt}p_{jk}(t) = \frac{m_{jk}(t)}{M_j(t)} \frac{d}{dt}p_{ij}(t) = \frac{m_{jk}(t)}{M_j(t)} \frac{m_{ij}(t)}{M_1(t)} \frac{d}{dt}p_1(t) \quad (17)$$

dove M_1 ed M_j sono i fattori di normalizzazione espressi dall'equazione (2) a pag. 2.

In queste condizioni la diffusione di un cambiamento del livello di attività di un processo tende ad attenuarsi rapidamente, e non può costituire da sola la causa di marcati cambiamenti nell'attività dei processi.

Un effetto importante è però il rendere decisamente improbabile la stazionarietà e soprattutto la stasi dei processi, che descrive una condizione marcatamente patologica quando ne coinvolge un certo numero.

Stazionarietà e stasi

In questo approccio per processi concorrenti si ha stazionarietà quando su un processo P_i non si hanno cambiamenti indotti, cioè quando si annulla il primo membro dell'equazione (12) a pag. 3

$$0 = \frac{d}{dt} p_{oi}(t) - m_{ii}(t) p_i(t) p_i(t) + \sum_{j \neq i} \frac{m_{ji}(t - \tau_{ji})}{M_j(t - \tau_{ji})} \frac{d}{dt} p_j(t - \tau_{ji})$$

Il numero di processi necessari per studiare l'attività mentale è come vedremo alto, e la probabilità che su un processo si annulli la somma di tutti gli addendi è veramente bassa. Ancora più bassa è la probabilità che questa condizione duri con continuità per un intervallo di tempo abbastanza lungo.

Se una condizione di stazionarietà si realizza, i processi che vi sono coinvolti perdono la possibilità di diffondere cambiamenti di livelli di attività di altri processi. Diventano cioè blocchi all'esplicarsi dell'interdipendenza tra le attività e quindi fonte di anomalie nella dinamica del sistema molto marcate se sono estese e durano a lungo.

Nel caso della stasi il livello di attività del processo per definizione è supposto zero. In questo caso diventerebbe zero la componente di corto periodo dell'intensità del legame, che va a moltiplicare quella di lungo periodo. Si annullano quindi tutti i legami del processo, sia in ingresso che in uscita, e il processo risulta isolato, inesistente nella dinamica dell'insieme.

Si perde di conseguenza anche la possibilità che il processo venga riattivato dagli altri processi perché i legami non sono attivi. Può solo continuare ad operare se il livello zero di attività è attraversato durante un cambiamento in atto di tale livello: per analogia con il movimento, attraversato cioè in presenza di un'accelerazione.

La perdita permanente di attività elementari si aggiunge quindi ai blocchi all'esplicarsi dell'interdipendenza tra le attività visti a proposito delle situazioni stazionarie.

Si può anche sottolineare che con la stasi diventano evidenti le conseguenze di questi blocchi, e che l'approccio per processi concorrenti impiegato rende conto di come stazionarietà e stasi originino le condizioni patologiche che si hanno quando esse non siano un rapido transitorio.

La diffusione con asimmetrie nell'intensità dei legami

Quando i legami di un processo con gli altri hanno intensità parecchio differenti fra loro, si vengono ad avere dinamiche molto diverse.

Se un processo P_1 ha le intensità dei suoi legami m_{ij} molto differenti fra loro, le frazioni m_{ij}/M_1 che regolano la ripartizione dei suoi cambiamenti di livello sono sempre minori di 1, ma i loro valori sono fra loro significativamente differenti.

Se poi un piccolo numero supera di molto il valor medio, i relativi processi ricevono una parte cospicua del cambiamento disponibile, e questo fa sì che gli altri ne risultino poco o nulla affetti.

Si tratta di una strategia di tipo competitivo che si ritrova negli organismi biologici già a livello cellulare.¹¹

Un caso significativo di questa situazione è offerto dall'oblio sia per la sua importanza, sia perché gli aspetti quantitativi estremi dell'intensità dei legami ne rendono immediatamente evidente la dinamica.

Il caso dell'oblio

L'oblio in un precedente scritto [Beltrame, 2020b] è stato caratterizzato da un livello di attività così basso che il processo che vi è coinvolto non abbia una partecipazione significativa alla dinamica dell'insieme.

Se il livello di attività di un processo P_i è sufficientemente basso la componente di corto periodo dei suoi legami con gli altri processi, che secondo la relazione (3) a pag. 2 è data da

$$s_{ij}(p_i, p_j) p_i(t) p_j(t)$$

assume valori prossimi a zero in entrambi i versi: cioè anche gli altri processi hanno il legame con lui prossimo a zero.

Quindi il processo interagisce in maniera trascurabile con gli altri e permane in uno stato, che non è di stazionarietà, né tantomeno di stasi, ma soltanto con un livello di attività che varia entro un intervallo di valori molto bassi.

Il modo in cui vi può arrivare è soltanto non risultare coinvolto in significativi livelli di attività per molto tempo e con continuità, in maniera che il decadimento indotto dal fattore

$$m_{ii}(t) p_i(t) p_i(t)$$

porti progressivamente il suo livello di attività nell'intervallo di valori tipico dell'oblio, e contemporaneamente la componente

$$- \int_{t_0}^t r_{ij}(p_i, p_j) dv$$

dell'equazione (5) a pag. 2, scarsamente bilanciata dal rinforzo legato ai livelli di attività del processo, riduca l'intensità della componente di lungo periodo di tutti i suoi legami con gli altri processi.

Come si vede si tratta di una situazione che è provocata da condizioni molto specifiche di asimmetria nei legami e congegnate anche in modo da durare nel tempo.

Perché il processo P_i possa uscire da una condizione di oblio, debbono verificarsi condizioni altrettanto specifiche di asimmetria nei legami.

Occorre che altri processi facciano crescere inizialmente il suo livello di attività sino ad un valore per il quale l'intensità di alcuni suoi legami con gli altri processi assuma valori significativi.

Una possibilità affinché ciò accada, è che un certo numero di processi il cui legame con P_i ha una componente di lungo periodo con valori significativamente alti, venga ad avere contemporaneamente un livello di attività elevato.

In queste condizioni il processo P_i riceve da questi processi un cambiamento dato da

$$\frac{d}{dt} p_i(t) = \sum_{j=1}^g \frac{m_{ji}(t)}{M_j(t)} \frac{d}{dt} p_j(t)$$

dove g è il numero di questi processi, essendo trascurabile quello degli altri.

Il livello di attività del processo P_i all'inizio cresce pochissimo, perché $\frac{d}{dt} p_i(t)$ è molto piccolo essendo molto piccolo p_i , che però non è zero.

I fattori importanti sono ovviamente gli alti valori dei $\frac{d}{dt} p_j(t)$, ma anche i valori alti delle componenti di lungo periodo dei legami $c_{ji}(t)$, e soprattutto per quanto tempo dura questa situazione.

Infatti, l'incremento $\frac{d}{dt} p_i(t)$ è inizialmente piccolo e fa crescere di poco il livello di attività $p_i(t)$ del processo P_i . Ma se dura abbastanza a lungo, al crescere di $p_i(t)$ aumenta anche l'intensità dei legami, e si ha un effetto moltiplicativo su $\frac{d}{dt} p_i(t)$, con il livello di attività del processo P_i che cresce sempre più rapidamente.

L'altro fattore critico è dato dalle componenti di lungo periodo $c_{ji}(t)$ dei legami. Si è visto nell'equazione (16) a pag. 7 che i processi distribuiscono il loro cambiamento del livello di attività in proporzione all'intensità dei legami con gli altri processi.

Nella fase iniziale le componenti di lungo periodo che gli altri processi hanno verso quello in oblio intervengono significativamente, perché la componente di corto periodo dei legami non è alta.

Senza un peso significativo di tali componenti il processo riceverebbe un contributo estremamente piccolo, e l'uscita dallo stato di oblio richiederebbe un tempo molto lungo. Una condizione, questa, che la rende poco probabile in una dinamica globale vivace, dove le correlazioni hanno una durata tendenzialmente breve.

La caratterizzazione dell'oblio proposta in questo approccio per processi concorrenti è quindi in accordo con la fenomenologia, dove ciò che il soggetto oblia sfugge alla sua consapevolezza, ma non si tratta di una perdita definitiva, perché le circostanze possono riportarlo nella dinamica dell'attività del soggetto, tanto che può ad esempio parlarne.

Impiegando questo approccio, si hanno in evidenza accanto al meccanismo che porta al risultato anche i meccanismi attraverso i quali intervengono le condizioni perché ciò avvenga.

Nell'esempio dell'oblio, hanno uguale evidenza quali attività portino un numero sufficiente di processi, legati ad uno stesso processo in oblio con alta componente di lungo periodo, ad avere contemporaneamente un livello molto elevato di attività. Ma anche come questi processi mantengano l'elevato livello di attività per un tempo sufficientemente lungo entro la vivace dinamica dell'insieme.

Nella soluzione del sistema di equazioni (15) a pag. 4 queste attività sono infatti presenti con i successivi valori dei loro livelli di attività e delle intensità dei legami. Si tratta del resto di una caratteristica dell'approccio fornire questi dati per tutti i processi e i loro legami.

Il caso generale

Il meccanismo visto per l'oblio deve la sua eccezionalità agli aspetti quantitativi. Se le differenze tra i livelli di attività dei processi in gioco non sono così marcate e la correlazione non dura così a lungo, troviamo il meccanismo frequentemente in atto nella dinamica del sistema a processi concorrenti.

Una distribuzione asimmetrica dell'intensità dei legami che si dipartono da un processo si presenta di frequente, perché caratterizza l'attività intenzionale e coordinata.

In presenza di una distribuzione asimmetrica dell'intensità dei legami di un processo con gli altri, se il suo cambiamento è un aumento del livello di attività, fa crescere la componente di corto periodo dell'intensità dei suoi legami.

In questo modo attraverso i legami più intensi tenderà a passare una percentuale sempre maggiore del cambiamento, penalizzando gli altri. E l'effetto è moltiplicativo perché aumenta anche l'intensità dei legami.

Se il suo cambiamento è invece una diminuzione del livello di attività, farà diminuire la componente di corto periodo dell'intensità dei suoi legami. In questo modo anche attraverso i legami più intensi passerà una percentuale sempre minore del cambiamento, e anche in questo caso l'effetto è moltiplicativo.

Nel caso di una crescita del livello di attività, l'effetto del cambiamento è debole all'inizio e si moltiplica se la crescita dura nel tempo, tanto che interviene una funzione, prevista nella specializzazione dell'approccio, che smorza la crescita delle coppie di processi coinvolte, evitando una polarizzazione della dinamica.

Nel caso di una diminuzione, l'effetto è forte all'inizio, e tende ad indebolirsi se la decrescita dura, perché il legame diminuisce di intensità. L'effetto è ora una diminuzione tendenzialmente rapida della presenza del processo nella dinamica dell'insieme di quelli a lui legati strettamente, ma non eccessiva perché l'effetto si smorza rapidamente.

Come ci si può aspettare, la presenza di una distribuzione asimmetrica dell'intensità dei legami che si dipartono da un processo, instaura una correlazione tra i cambiamenti dei processi coinvolti. E la correlazione presenta durate diverse se il cambiamento diffuso produce accrescimento o diminuzione del livello di attività dei processi.

La semplice regola con cui agisce l'interdipendenza tra le attività elementari, mostra quindi che essa permette di realizzare già in casi semplici dinamiche estremamente varie senza diventare caotiche.

Nel descrivere questi meccanismi elementari, si sono volutamente messe a fuoco soltanto una parte delle azioni che dipendono dalla contemporanea attività di molti processi.

Su ogni processo si sommano gli effetti dei meccanismi elementari a cui partecipano tutti i processi, che sono sempre attivi. Sono quindi gli aspetti quantitativi a decidere l'entità degli effetti.

Le reciproche attivazioni di una coppia di processi

Le dinamiche di una coppia di processi prospettano un altro dei meccanismi elementari dell'interdipendenza tra le attività elementari e quindi dell'interazione fra processi.

Dei singoli processi è stato discusso il propagarsi agli altri processi di un loro cambiamento del livello di attività, e quali effetti questo induca sull'intensità dei legami tra i processi.

Le dinamiche di una coppia di processi propongono come la propagazione del cambiamento del livello di attività di un processo venga restituita al processo originario: di quali effetti cioè il cambiamento di un processo, propagandosi a sua volta, induce sul processo originario.

Indicati con P_1 e P_2 i due processi, le reciproche azioni sono regolate dalla coppia di equazioni del tipo (16) a pag. 7

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} P_{12}(t) &= \frac{m_{12}(t)}{M_1(t)} \frac{d}{dt} P_1(t) \\ \frac{d}{dt} P_{21}(t) &= \frac{m_{21}(t)}{M_2(t)} \frac{d}{dt} P_2(t) \end{aligned} \tag{18}$$

dove con M_1 ed M_2 sono indicati i fattori di normalizzazione, e le funzioni $m_{12}(t)$ ed $m_{21}(t)$ sono date dalla coppia di equazioni del tipo (6) a pag. 3

$$\begin{aligned} m_{12}(t) &= s_{12}(p_1, p_2) p_1(t) p_2(t) c_{12}(t) \\ m_{21}(t) &= s_{21}(p_2, p_1) p_2(t) p_1(t) c_{21}(t) \end{aligned} \tag{19}$$

Per discutere i meccanismi elementari sottesi alla dinamica della coppia di processi, verranno esaminati gli effetti di un cambiamento $\frac{d}{dt} p_1(t)$ del livello di attività di uno dei processi: P_1 .

Il cambiamento del livello di attività $\frac{d}{dt} P_{12}(t)$ indotto sul processo P_2 arriva per diffusione anche al processo P_1 come una componente del suo cambiamento del livello di attività che ha il valore

$$\frac{d}{dt} P_{21}(t) = \frac{m_{21}(t)}{M_2(t)} \frac{d}{dt} P_{12}(t) = \frac{m_{12}(t)}{M_1(t)} \frac{m_{21}(t)}{M_2(t)} \frac{d}{dt} P_1(t) \tag{20}$$

Il cambiamento arriva in generale attenuato rispetto a $\frac{d}{dt} p_1(t)$, ma di quanto dipende dai valori numerici delle grandezze in gioco.

Si hanno tre possibili situazioni: il cambiamento iniziale è di uno dei due processi che hanno entrambi elevati livelli di attività, oppure è del processo con il livello di attività più alto, oppure di quello con il livello di attività più basso.

Gli aspetti quantitativi sono determinanti e danno origine ad una gamma continua di casi. Con questa avvertenza, le tre condizioni scelte mettono in luce differenze rilevanti.

I due processi hanno entrambi elevati livelli di attività

Il caso in cui entrambi processi abbiano alti livelli di attività comporta che anche le intensità dei legami date dalle equazioni (19) a pag. 11 abbiano valori alti.

La componente di lungo periodo può essere diversa. Il suo valore è però molto più basso del prodotto dei due livelli di attività che caratterizza la componente di corto periodo, e non cambia significativamente la dinamica.

La situazione è allora caratterizzata da una significativa parte del cambiamento ricevuto che viene ritornata da P_2 a P_1 .

Come si è visto dall'equazione (17) a pag. 7 tale cambiamento, che corrisponde al secondo passo della diffusione del primo, è inferiore a questo, ma contribuisce a mantenerne gli effetti.

Se il cambiamento originario era nel senso di far crescere il livello di attività di P_1 la restituzione si contrappone al decadimento del suo livello di attività dato dall'equazione (9) a pag. 3 che qui è

$$\frac{d}{dt}p_{11}(t) = -m_{11}(p_1) p_1(t) p_1(t)$$

altrimenti lo rinforza.

Le due situazioni, aumento del livello di attività o sua diminuzione, agiscono però diversamente sull'intensità dei legami.

L'aumento del livello di attività fa crescere l'intensità dei legami, e si rafforza di conseguenza la correlazione tra i livelli di attività e i loro cambiamenti.

Aumenta pure la quantità di cambiamento $\frac{d}{dt}p_{12}(t)$ trasferita al processo P_2 e di conseguenza anche quella ritrasferita a P_1 . E la sinergia tra i cambiamenti dei due processi tende a far durare la correlazione più a lungo di quanto farebbe la parte legata alla diffusione del cambiamento del livello di attività di un solo processo.

Nel caso di una diminuzione del livello di attività il meccanismo tende a far diminuire più rapidamente l'intensità dei legami.

Si viene cioè ad avere una correlazione più stretta tra le attività dei due processi, che si rivelerà indispensabile nel descrivere le dinamiche dell'attività mentale.

Gli altri fattori che intervengono nell'equazione (19) a pag. 11 possono acquistare anch'essi un rilievo significativo pur con la prevalenza dei livelli di attività.

Come sottolineato in precedenza, le funzioni del tipo s_{ij} permettono di modellare effetti della struttura anatomica. Se ad esempio la funzione s_{21} fosse calibrata per dare valori negativi, il processo P_2 restituirebbe una decelerazione all'accelerazione indotta da P_1 , e avrebbe quindi un effetto inibitorio.

Altri effetti possono dipendere da differenti valori della componente di lungo periodo dei legami, e diventare evidenti per accumulo, quando si passi ad esaminare un gruppo di processi anziché una sola coppia.

Criticità della durata del cambiamento

La durata del cambiamento del livello di attività originario è a sua volta un parametro critico.

Se un aumento dura abbastanza a lungo, potrebbe accadere che i livelli di attività superino i valori limite considerati fisiologici per le attività che si stanno studiando. E questo va evitato, a meno che la simulazione preveda comportamenti patologici.

Le funzioni $s_{ij}(p_i, p_j)$ che modulano il prodotto delle componenti di breve e lungo periodo dell'intensità dei legami sono state introdotte anche per questo scopo.

Tali funzioni, qui le $s_{21}(p_2, p_1)$ ed $s_{12}(p_1, p_2)$ delle equazioni (19) a pag. 11, vanno calibrate in modo che le intensità dei legami, qui $m_{12}(t)$ ed $m_{21}(t)$, si riducano quando i livelli di attività dei processi raggiungono valori molto alti, e diventino non significative all'avvicinarsi del valore limite. In nota ne è proposto un esempio.¹²

All'avvicinarsi del valore limite queste funzioni hanno l'effetto di rendere il processo insensibile alle azioni degli altri processi, e lo renderebbero quindi non partecipe alla dinamica dell'insieme, un effetto che si vuole evitare.

Per questo motivo nell'equazione (9) a pag. 3 che simula una dispersione associata in fisica ad ogni attività coordinata, è stata introdotta una funzione $m_{ii}(p_i)$ per modulare una dispersione che si vuole nella maggioranza dei casi bassa.

Questa funzione viene calibrata in modo che i livelli molto alti di attività vengano riportati piuttosto rapidamente su livelli più bassi, mantenendo così il processo pienamente partecipe della dinamica complessiva.

Una dinamica sufficientemente reattiva ai cambiamenti è infatti indispensabile perché sono i cambiamenti ad avere valenza modellistica per l'attività mentale, dal momento che il perdurare di stati stazionari di un'attività tende ad essere avvertito dal soggetto come una cessazione di quella attività.

Dinamiche legate a differenze di tipo quantitativo acquistano però maggiore evidenza se i livelli di attività dei due processi sono fra loro differenti e conviene affrontarle in queste situazioni.

L'equazione (19) a pag. 11 mostra che in una coppia di processi l'interazione diventa trascurabile se sono bassi entrambi i livelli di attività: una situazione che si verifica tipicamente tra processi nella fase di oblio.

La dinamica resta altrimenti vivace e acquistano un ruolo importante gli altri fattori che intervengono nell'equazione, in particolare le due funzioni $s_{12}(p_1, p_2)$ e $s_{21}(p_2, p_1)$, che sono in generale diverse.

A parte i casi nei quali una è impiegata per dare carattere inibitorio alla retroazione, abitualmente viene attribuito al livello di attività del processo di partenza un peso diverso da quello del processo di arrivo: ad esempio, p_1 può pesare maggiormente di p_2 in s_{12} , e p_2 maggiormente di p_1 in s_{21} .

Intervengono anche differenze legate alle componenti di lungo periodo dei legami tra le attività, che sono significative in rapporto all'attività mentale perché descrivono come la storia operativa del soggetto influisce sul suo operare e sono amplificate dalla componente di corto periodo.

La varietà delle dinamiche possibili è molto alta e qui verranno discussi solo alcuni casi emblematici.

Il cambiamento è del processo con il livello di attività più alto

Se ad esempio è P_1 il processo con più elevato livello di attività ad avere un significativo cambiamento del proprio livello, il meccanismo che si instaura resta quello visto in precedenza, ma con differenze che risultano significative.

Risulta anzitutto rallentata la dinamica che ne consegue. Infatti essendo più basso il prodotto dei livelli di attività dei due processi, la selezione da cui deriva $\frac{d}{dt}P_{12}(t)$ è meno vincente. E a diminuire il ritorno di P_2 a P_1 interviene anche la calibratura s_{21} che privilegia il proprio livello di attività, in questo caso il più basso.

Il risultato dipende molto dalla durata del cambiamento. La crescita del livello di attività di P_2 diventa più che proporzionale al valore iniziale di $\frac{d}{dt}P_{12}(t)$, perché la crescita di p_2 fa aumentare l'intensità del legame, e quindi di $\frac{d}{dt}P_{12}(t)$.

Un cambiamento del livello di attività di P_1 non può durare molto a lungo, perché si è visto che al crescere del suo livello di attività si riduce la sua sensibilità ai cambiamenti, e in modo marcato vicino al valore limite. Intervengono gli smorzamenti previsti nella specializzazione dell'approccio, oppure si instaura una situazione alla quale si dà carattere patologico.

Quando invece il livello di attività dell'altro processo della coppia è molto basso, la coppia risulta fortemente perdente nella diffusione del cambiamento di livello di P_1 , e il livello di P_2 tende a rimanere sostanzialmente invariato.

Anche nei casi intermedi si avranno pochi casi nei quali il divario viene ora colmato, e il risultato sarà in generale una crescita del livello più basso che riduce soltanto il divario con un transitorio più o meno lungo.

Con riferimento all'attività mentale si ha qui il meccanismo elementare attraverso cui un'attività fa insorgere un'associazione, quindi un legame più stretto, con un'altra che ha un più basso livello di

attività.

È interessante notare che l'associazione non si stabilisce attraverso un rapporto: nel suo meccanismo elementare il rapporto richiede almeno tre processi.

Si ha piuttosto il meccanismo elementare con cui si costituisce una molteplicità nella quale un'attività prevale su una pluralità di altre che si svolgono con un livello di attività più basso, e questo porta a non differenziarle.

Calvino nella sue *Lezioni americane* [Calvino, 1988], in quella sulla molteplicità parla di «molteplicità potenziale», quindi aperta, che illustra con la citazione dell'inizio del romanzo *Quer pasticciaccio brutto de via Merulana* di Carlo Emilio Gadda [Gadda, 1957].

Gli contrappone una molteplicità di situazioni, racconti, annotazioni su un fatto, episodi, distinte e riunite da un rapporto, che al limite può essere di semplice collezione. E ne richiama come esempio il suo romanzo *Se una notte d'inverno un viaggiatore* [Calvino, 1979]. Ma si pone, sullo sfondo, la molteplicità evocata da *L'infinito* di Leopardi.

Il cambiamento è del processo con il livello di attività più basso

Se è invece il processo con più basso livello di attività ad avere un significativo cambiamento del proprio livello, le dinamiche dipendono maggiormente dai valori delle grandezze in gioco e dalla durata del cambiamento.

Se il cambiamento parte da P_2 con il valore $\frac{d}{dt}p_2(t)$, la componente $\frac{d}{dt}p_{12}(t)$ che arriva per diffusione al processo P_1 , è ora minore che nel caso precedente, perché in s_{21} pesa maggiormente p_2 . Viene però restituita in misura maggiore perché in s_{12} pesa di più p_1

$$\frac{d}{dt}p_{12}(t) = \frac{m_{12}(t)}{M_1(t)} \frac{d}{dt}p_{21}(t) = \frac{m_{21}(t)}{M_2(t)} \frac{m_{12}(t)}{M_1(t)} \frac{d}{dt}p_2(t)$$

Queste differenze sono poco significative quando il livello di attività di P_2 è molto basso, altrimenti tendono a far variare più rapidamente tale livello.

È il caso in cui il cambiamento di livello dell'attività di P_2 è molto alto. Si viene ad avere un effetto che mima quando in orchestra uno strumento, ad esempio il timpano, ha un intervento forte e deciso.

Si ha allora il meccanismo elementare di un'attività che passa rapidamente ad alto livello mentre l'altra continua a svolgersi senza variare significativamente il proprio livello di attività. Un transitorio, quindi, di breve durata nell'attività globale che si sta svolgendo.

L'apprendimento continuo

Nella dinamica dell'approccio per processi concorrenti qui impiegato, lo svolgersi dell'attività globale induce un continuo cambiamento dell'intensità dei legami tra i processi

La stasi si è visto essere una condizione decisamente anomala, per cui la componente di lungo periodo dell'intensità dei legami data dall'equazione (5) a pag. 2

$$c_{ij}(t) = c_{ij}(t_0) + \int_{t_0}^t k_{ij}(p_i, p_j) p_i(v) p_j(v) dv - \int_{t_0}^t r_{ij}(p_i, p_j) dv$$

è continuamente modificata.

Questa componente da sola non determina la dinamica, perché tenuta tipicamente su valori bassi allo scopo di favorire comportamenti che dipendono dall'attività in corso. Viene però amplificata dalla componente di corto periodo, e in questa maniera assume un ruolo importante e a volte decisivo.

La diffusione del cambiamento del livello di attività di un processo descritta dall'equazione (17) a pag. 7 che introduce nell'approccio proprio l'interdipendenza tra le attività elementari, dà origine ad una parallela diffusione di cambiamenti della componente di lungo periodo dei legami.

Si può far riferimento al caso semplice di tre processi P_1 , P_2 e P_3 , e vedere gli effetti del solo cambiamento $\frac{d}{dt}p_1(t)$ del livello di attività del processo P_1 .

Sulla base dell'equazione (16) a pag. 7, P_1 induce su P_2 il cambiamento caratterizzato dall'equazione

$$\frac{d}{dt}P_{12}(t) = \frac{m_{12}(t)}{M_1(t)} \frac{d}{dt}P_1(t)$$

e su P_3 il cambiamento caratterizzato dall'equazione

$$\frac{d}{dt}P_{13}(t) = \frac{m_{13}(t)}{M_1(t)} \frac{d}{dt}P_1(t)$$

Questi fanno variare $p_2(t)$ e $p_3(t)$, e i nuovi valori dei due livelli di attività fanno cambiare l'intensità dei legami tra P_2 e P_3 , e tra P_3 e P_2 perché cambiano

$$m_{23}(t) = s_{23}(p_2, p_3) p_2(t) p_3(t) c_{23}(t)$$

$$m_{32}(t) = s_{32}(p_3, p_2) p_3(t) p_2(t) c_{32}(t)$$

e al loro interno cambiano le componenti di lungo periodo

$$c_{23}(t) = c_{23}(t_0) + \int_{t_0}^t k_{23}(p_2, p_3) p_2(v) p_3(v) dv - \int_{t_0}^t r_{23}(p_2, p_3) dv$$

$$c_{32}(t) = c_{32}(t_0) + \int_{t_0}^t k_{32}(p_3, p_2) p_3(v) p_2(v) dv - \int_{t_0}^t r_{32}(p_3, p_2) dv$$

A questi cambiamenti vanno aggiunti quelli indotti sulle componenti di lungo periodo dei legami che da P_2 e P_3 tornano a P_1 dati da

$$c_{21}(t) = c_{21}(t_0) + \int_{t_0}^t k_{21}(p_2, p_1) p_2(v) p_1(v) dv - \int_{t_0}^t r_{21}(p_2, p_1) dv$$

$$c_{31}(t) = c_{31}(t_0) + \int_{t_0}^t k_{31}(p_3, p_1) p_3(v) p_1(v) dv - \int_{t_0}^t r_{31}(p_3, p_1) dv$$

La propagazione del cambiamento del livello di attività di un processo produce già al primo passo rafforzamenti della componente di lungo periodo dei legami che non si limitano a quelli che si dipartono dal processo che origina il cambiamento.

Si hanno rafforzamenti nei legami trasversali tra i processi coinvolti, qui P_2 e P_3 , ai quali vanno aggiunti i rafforzamenti nei legami di ritorno, m_{21} ed m_{31} , al processo sorgente, qui P_1 .

Ad ogni passo si hanno quindi effetti che rendono molto più vasto il cambiamento dell'intensità di lungo periodo dei legami, anche se quantitativamente questi effetti si attenuano, di solito rapidamente, allontanandosi dalla sorgente del cambiamento.

In questo scritto sono stati discussi aspetti elementari della dinamica dell'approccio, e ci si è quindi limitati a seguire un singolo cambiamento nei suoi effetti immediati e prossimi alla sorgente.

In un approccio nel quale si ha un numero ragguardevole di processi elementari come nel caso dell'attività mentale, questi meccanismi di base si verificano in parallelo su molti processi, e per uno stesso processo in parallelo con molti altri. Questo perché i processi sono interamente connessi: ciascuno è cioè collegato con tutti gli altri.

Gli effetti sono quindi cumulativi, con sinergie, non linearità e correlazioni, che escludono, salvo eccezioni, la possibilità di ragionare per sovrapposizione degli effetti e obbligano a passare per la soluzione delle equazioni (15) a pag. 4 del sistema globale.

Si ha un contesto nel quale i cambiamenti delle componenti di lungo periodo dei legami tra i processi sono molto frequenti e ne rimaneggiano di continuo la configurazione.

Nell'approccio adottato l'apprendimento si manifesta attraverso cambiamenti nella rete delle componenti di lungo periodo dei legami tra i processi. Queste componenti descrivono infatti come potenzialità le capacità dell'insieme, quindi del soggetto, e vengono selettivamente attualizzate dall'attività in corso attraverso le componenti di breve periodo.

I meccanismi di base visti in precedenza inducono così un apprendimento continuo e pervasivo, intrinseco all'operare perché i legami sono sempre attivi e l'approccio si prospetta in un'ottica di memoria procedurale. Quantitativamente risulta poi vario nell'entità e nella distribuzione, perché entro la rete dei legami il risultato dipende dalla storia dell'attività svolta.

In sede di specializzazione dell'approccio, è stato sottolineato che i valori attribuiti alla componente di lungo periodo dei legami possono venir impiegati per introdurre vincoli funzionali dell'organismo biologico del quale si studia l'attività.

L'approccio propone di porli in questa componente sempre rimaneggiata, pensando che sotto la spinta delle circostanze l'attività possa portare a modificarli, a formarne di nuovi, e al limite ad aggirarli, come vediamo accadere.

Le condizioni iniziali permettono a loro volta di applicare l'approccio a situazioni molto differenti. La scelta più frequente cadrà sui comportamenti di un adulto, con il suo bagaglio di modi preferenziali di operare, che ne descrivono abitudini, conoscenze, ed abilità.

Ma all'altro estremo, è possibile scegliere una situazione iniziale decisamente minimale, adatta a studiare il costituirsi, a partire dal periodo prenatale, di modi elementari di operare che si ritroveranno inglobati nella complessità della vita adulta.

Note

1. Le linee secondo cui muove questo approccio sono presentate in [Beltrame, 2020b].
2. Le ragioni che hanno portato ad abbandonare un precedente approccio che non aveva questa apertura sono esposte in [Beltrame, 2020a].
3. Per il sistema visivo è noto sin dagli studi pionieristici di A. Yarbus [Yarbus, 1961, 1967], che immobilizzando un'immagine rispetto alla retina, dopo un certo tempo si ha la percezione di un campo uniforme. Che ciò di solito non avvenga è considerato un effetto della presenza di movimenti dei nostri bulbi oculari, che evitano appunto un'attività stazionaria della retina.
4. La prima formulazione di questo approccio è stata guidata dal problema di integrare le funzioni attribuite separatamente alla memoria nello svolgersi dell'attività mentale secondo il modello proposto dalla Scuola Operativa Italiana (SOI) [Beltrame, 2016]. Una presentazione dell'approccio nella forma sintetica qui proposta è in [Beltrame, 2018].
5. Un caso classico si è presentato per i modi di trattare il calore con l'uso delle tre leggi della meccanica di Newton, che limitano l'interazione meccanica ad un vettore.
6. Ciò comporta che per descrivere le interazioni si abbia un sistema di riferimento che comprenda sia il sistema studiato che l'ambiente. Si vedano in proposito le considerazioni e le avvertenze di ordine metodologico nel capitolo "On Material Frame Indifference" in [Noll, 2004a] delle quali interessa particolarmente questa conclusione, supportata da esempi presi da applicazioni della meccanica dei continui [Noll, 2004b, p.29].

The constitutive laws governing the internal interactions between the parts of the system should not depend on whatever external frame of reference is used to describe them. ... It is important to note that the principle applies only to internal interactions, not to actions of the environment on the system and its parts, because usually the frame of reference employed is actively connected with the environment.

7. Le velocità di propagazione lungo le fibre nervose son stimate variare nell'uomo tra 0.2 e 120 m/s, con velocità più alte lungo le fibre mielinate.

8. Le attività elementari in questo approccio sono pensate tutte uguali, per quanto sia possibile definirne un certo numero di tipi con modifiche dello schema generale che risultano marginali. Si può anche considerare che il loro numero vari nel tempo. In questo caso vanno però aggiunte le relazioni che descrivono quando una nuova attività si aggiunge e quando cessa. Inoltre, quando una attività interviene o cessa bisogna modificare tutto l'insieme dei legami fra le attività elementari. Siccome tutto questo va fatto comunque dipendere dai livelli a cui si svolgono le attività e dall'intensità dei legami, si è preferito mantenere fisso il numero delle attività elementari, evitando questa complicazione notevole e priva di sostanziali vantaggi.

9. Il consecutivo come punto di partenza nello studio del mentale impiegando la “tecnica operativa” della Scuola Operativa Italiana (SOI), è stato esplorato in [Beltrame, 2014].

10. L'impiego della consapevolezza nella “tecnica operativa” della SOI è un caso significativo. Il passaggio all'approccio impiegato in questo scritto è però dovuto alle conseguenze che Ceccato ha voluto dare alla sua decisione di non affrontare lo studio delle interdipendenze dell'attività mentale dalle altre attività del soggetto [Ceccato, 1964, pp.131-32], conseguenze rifluite poi nella letteratura SOI. Questo aspetto è stato discusso nelle sue diramazioni in [Beltrame, 2020a].

11. In una recente rassegna dedicata alla competizione cellulare [Claveria and Torres, 2016, p.423] troviamo:

A diffusible killer activity has also been identified during neuronal competition for target innervation in mammals [Deppmann et al., 2008]. In this example, death of loser cells not only is mediated by the inability to establish a proper neurotrophic interaction with target cells but also is stimulated by killer signals from the winner cells. Winner cells with a strong nerve growth factor (NGF)/tropomyosin-receptor-kinase A (TrkA) retrograde signal produce both brain-derived neurotrophic factor (BDNF) and Neurotrophin-4, which signal through p75 to induce neuronal death. As predicted for a mechanism involving a diffusible killer signal, winner cells are protected from p75-mediated death induction by strong retrograde NGF signaling.

E si incontra così un meccanismo fisico che realizza la strategia implicita in una regola della dinamica nell'approccio per attività che stiamo impiegando.

12. Un semplice esempio di calibratura si ha scegliendo

$$s_{12}(p_1, p_2) = \exp-(u_1 p_1 + u_2 p_2)$$

Riferimenti bibliografici

- R. Beltrame. Definizioni lessicali e loro uso in contesto. Costitutivo e consecutivo. *Methodologia Online - WP*, 284: 3 pp., 2014. ISSN 1120-3854. 17
- R. Beltrame. Con Ceccato. Dopo Ceccato. Oltre Ceccato. *Methodologia Online - WP*, 293:3 pp., 2015. ISSN 1120-3854. (Tornata pubblica dell'Accademia Olimpica a Villa Ceccato, Montecchio Maggiore (VI) il 14 settembre 2014, per il centenario della nascita dell'accademico Silvio Ceccato). 1
- R. Beltrame. La memoria e le sue funzioni in un approccio all'attività mentale per processi concorrenti. *Methodologia Online - WP*, 305:24 pp., 2016. ISSN 1120-3854. 16
- R. Beltrame. La dinamica dell'attività mentale in un approccio per processi concorrenti. *Methodologia Online - WP*, 323:14 pp., 2018. ISSN 1120-3854. 16
- R. Beltrame. Il mentale in una mente che cambia. 1 - Motivi di un diverso approccio. *Methodologia Online - WP*, 347:33 pp., 2020a. ISSN 1120-3854. 16, 17
- R. Beltrame. Il mentale in una mente che cambia. 2 - Verso un approccio per processi concorrenti. *Methodologia Online - WP*, 348:10 pp., 2020b. ISSN 1120-3854. 2, 8, 16
- I. Calvino. *Se una notte d'inverno un viaggiatore*. Einaudi, 1979. ISBN 88-04-48200-1. Mondadori, 2004. 14
- I. Calvino. *Lezioni americane. Sei proposte per il prossimo millennio*. Garzanti, Milano, 1988. 14
- S. Ceccato. L'espressione plastica e il suo problema metodologico. *Il Verri*, 15:122-135, 1964. 17

- C. Claveria and M. Torres. Cell Competition: Mechanisms and Physiological Roles. *Annu Rev Cell Dev Biol*, 32: 411–439, Oct 2016. Access provided by Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) on 15/11/17. For personal use only. 17
- C. D. Deppmann, S. Mihalas, N. Sharma, B. E. Lonze, E. Niebur, and D. D. Ginty. A model for neuronal competition during development. *Science*, 320(5874):369–373, Apr 2008. 17
- C. E. Gadda. *Quer pasticciaccio brutto de via Merulana*. Garzanti, Milano, 1957. Prima versione nel 1946-1947 sulla rivista 'Letteratura'. 14
- W. Noll. *Five Contributions to Natural Philosophy*. 2004a. Published on Professor Noll's website - <http://www.math.cmu.edu/~wnog/noll/>. 16
- W. Noll. Updating 'The Non-Linear Field Theories of Mechanics'. In W. Noll, editor, *Five Contributions to Natural Philosophy*, page 23–39. 2004b. 16
- T. Stankovski, T. Pereira, P. V. E. McClintock, and A. Stefanovska. Coupling functions: Universal insights into dynamical interaction mechanisms. *Rev. Mod. Phys.*, 89:045001, Nov 2017. doi: 10.1103/RevModPhys.89.045001. URL <https://link.aps.org/doi/10.1103/RevModPhys.89.045001>. 4
- A. Yarbus. I movimenti degli occhi durante l'esplorazione di oggetti complessi. *Biofizika* 2, VI, 1961. (in Russian). 16
- A. L. Yarbus. *Eye Movements and Vision*. Plenum Press, New York, 1967. Translated from Russian by Basil Haigh. Original Russian edition published in Moscow in 1965. 16