L'organismo su neuroni pubblicati

Ogni regione del cervello simulato è stata ricostruita con un modello di neurone pubblicato, una alla volta, ripetendo i criteri già superati.

Gioele Chiarolanza Nadirion

Adottato, un criterio fallito · Brian2 · seed 0–11 · Kaggle CPU gratuita · criteri e soglie invariati

5	0,93–0,95	12/12	3/4
regioni ricostruite con il neurone LIF a conduttanza di Brunel e Wang (2001)	allontanamento dal pericolo con l'insula a neuroni, contro 0,18–0,23 del controllo	organismi in vita con i gangli della base a neuroni	criteri di LC e spazio di lavoro: il guadagno del LC non si riproduce

SOMMARIO

Dopo i test della fase 1 (NR-04), l'autore ha deciso di portare l'organismo su neuroni spiking, un modulo alla volta, e dal 17 settembre di usare **solo modelli di neurone pubblicati**, non scritti da noi. Ogni regione è stata ricostruita con il neurone a integrazione e scarica a conduttanza di Brunel e Wang (2001) nel simulatore Brian2, e ha dovuto ripetere i criteri già superati dalla versione precedente, con le stesse soglie. L'amigdala riproduce la regola di Rescorla-Wagner con correlazione 0,974–0,982. I gangli della base seguono la scelta di riferimento con un errore di 0,0009 e mantengono in vita 12 organismi su 12. L'insula, tarata sul comportamento, fa allontanare l'organismo dal pericolo nel 93–95% dei casi. Locus coeruleus e spazio di lavoro passano 3 criteri su 4: il guadagno del LC non riproduce la tabella irregolare della fase 1, come era stato previsto prima. Lo spazio di lavoro spiking si accende ma non si spegne: accensione e persistenza sono lo stesso stato della rete, un problema di architettura ancora aperto.

1 Perché neuroni pubblicati

Un modello di neurone scritto da noi porta con sé le nostre scelte, e un risultato ottenuto su quel modello dice qualcosa sulle nostre scelte prima che sul cervello. Un modello pubblicato, usato da altri gruppi e con parametri fissati in letteratura, riduce questo rischio e rende i risultati

confrontabili. Il neurone scelto è il LIF a conduttanza di Brunel e Wang (2001), con sinapsi AMPA, NMDA e GABA: è semplice, ben studiato e abbastanza economico da simulare centinaia di neuroni per regione in molti organismi insieme.

Il metodo della migrazione è uno solo: **la regione nuova deve superare gli stessi criteri della vecchia, con le stesse soglie e gli stessi seed.** Se non li supera, il fallimento resta a verbale e decide l'autore.

2 Le regioni

regione	cosa fa nell'organismo	esito
D0 motore a lotti	più organismi integrati insieme	3 su 3: stessi risultati, da circa 62 a 2,4 ms per organismo
D1 locus coeruleus e spazio di lavoro dal vivo	vigilanza e accesso globale calcolati da neuroni durante la vita	4 su 5, poi 1 su 1: adottati
D2 amigdala	paura appresa ed estinzione con plasticità a tre fattori	2 su 2 al secondo run; correlazione con Rescorla-Wagner 0,98
D3 gangli della base	scelta dell'azione con dopamina e decisione per accumulo	2 su 2: equivalenti alla scelta di riferimento, 12 organismi su 12 in vita
D4 insula	stato del corpo letto da neuroni	4 sessioni, tutte 4 su 4
migrazione a Brian2 di D2, D3 e D1	stessi criteri con il neurone pubblicato	D2 2 su 2, D3 2 su 2, D1 3 su 4

3 L'insula: tarare sul comportamento

Il caso più istruttivo è l'insula. I primi run superavano i criteri di codifica, cioè l'insula leggeva bene il corpo, ma l'organismo **non imparava più ad allontanarsi dal pericolo**: 0,158 contro un controllo di 0,200. La diagnosi, con ipotesi scritte prima, ha mostrato che con popolazioni piccole il rumore degli spike rendeva h troppo rumoroso per l'apprendimento: raddoppiando i neuroni due volte il rumore di h scende da 0,034 a 0,008. La regola di taratura è stata riscritta prima del run successivo: il numero di neuroni per canale è il più piccolo che, sui seed diagnostici, fa superare il **criterio di comportamento**, non solo quelli di codifica.

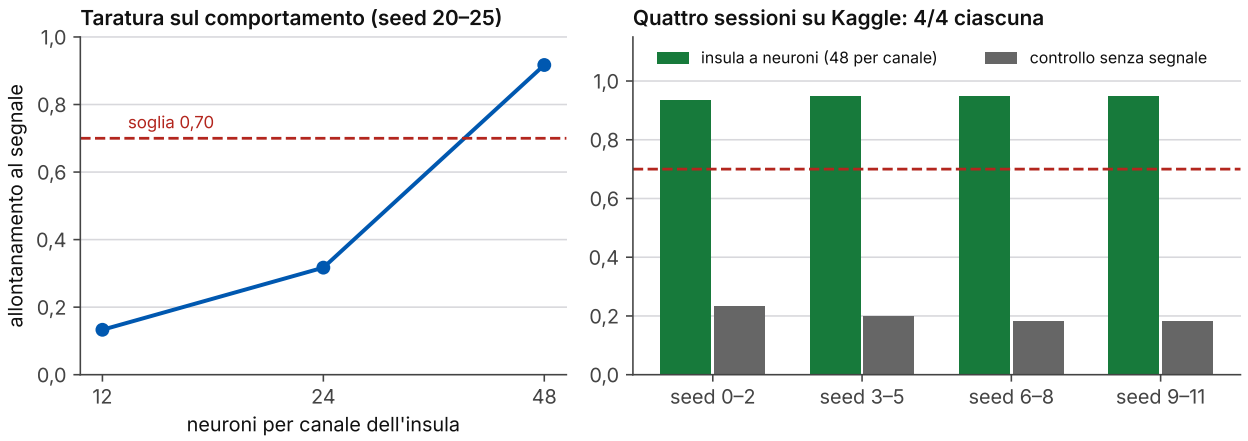

Figura 1. A sinistra, la taratura del numero di neuroni per canale sui seed diagnostici: con 12 neuroni l'organismo si allontana dal pericolo solo nel 13% delle prove, con 48 nel 92%. A destra, le quattro sessioni di validazione su Kaggle, tre seed ciascuna, con 48 neuroni per canale: allontanamento 0,93–0,95 contro 0,18–0,23 del controllo, 12 organismi su 12 vivi. Dati dalla scheda `d4_spiking_insula_wm`.

Un'osservazione non scorata, da leggere nei test successivi: con l'insula a neuroni **il corpo diventa meno prevedibile del mondo** (ρ fra 0,00 e 0,06, contro 1–10 con l'insula della fase 1). La premessa della teoria dipende anche dal rumore del substrato.

4 Il costo di calcolo e l'«autobus»

Simulare in Brian2 un organismo alla volta costava 97,2 ms per organismo e per passo. La soluzione è stata mettere più organismi indipendenti **nella stessa rete**, come passeggeri di un autobus: stesso comportamento (allontanamento 0,887 contro 0,900, differenza entro la soglia di 0,10), costo cinque volte minore.

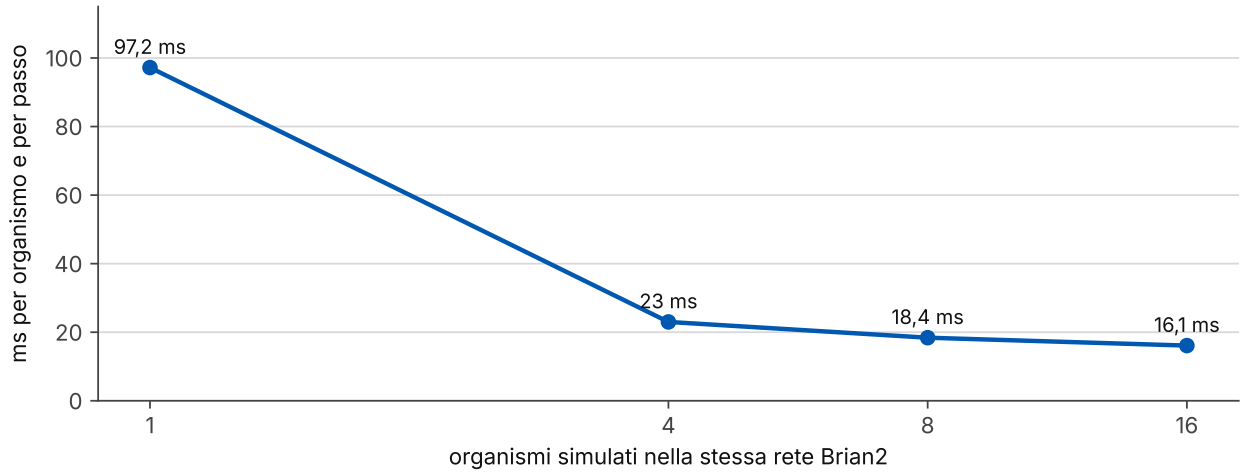

Figura 2. Costo per organismo e per passo in Brian2 al crescere degli organismi simulati nella stessa rete (diagnostico del 21 settembre 2026 su Kaggle). Con 8 organismi il costo scende da 97,2 a 18,4 ms.

Il primo run dei gangli della base su Brian2 è stato interrotto da Kaggle al limite delle 12 ore. Due diagnostici di costo hanno trovato la causa: troppe chiamate a Brian2, ciascuna con un costo fisso di circa 0,35 s. Con una chiamata per decisione e le decisioni raccolte in lotti il run successivo è stato completato.

5 Locus coeruleus e spazio di lavoro

La migrazione di D1 mette LC e spazio di lavoro in una sola simulazione continua con l'organismo agganciato. Il diagnostico di costo stimava 71 ore; con un'ottimizzazione di solo calcolo, dichiarata prima, la sessione è durata 43 minuti.

criterio	esito
L2 LC dal vivo	**fallito**: la frequenza passa (errore 1,93 Hz, correlazione 0,989), il guadagno no (correlazione 0,238 contro 0,9)
L3 spazio di lavoro dal vivo	superato
L4 operatore (pausa, ispezione, aggiornamento)	superato
L5 funzionamento dell'organismo	superato

Il guadagno del LC della fase 1 era una tabella irregolare, con valori 0 e 0,58 alternati ad alta attività (NR-03): un neurone pubblicato non la riproduce, e **lo avevamo previsto prima del run**. L'autore ha adottato D1 il 25 settembre con il fallimento a verbale.

6 Il problema aperto: uno spazio di lavoro che non si spegne

Lo spazio di lavoro globale deve accendersi quando un segnale è saliente e spegnersi quando non lo è più. La versione spiking validata si accende, ma una volta accesa **resta accesa.** Tre run (adattamento, inibizione lenta) non hanno trovato una configurazione valida: 0 criteri su 2. La diagnosi è che accensione e persistenza sono lo stesso attrattore NMDA della rete, una bistabilità di progetto. Per la terza volta un modulo validato su un protocollo breve (400 ms) mostra un difetto a regime; da allora ogni criterio include un regime lungo (la stessa lezione di NR-02).

7 Cosa dimostra e cosa no

Dimostra che le regioni dell'organismo possono passare a un modello di neurone pubblicato mantenendo i comportamenti già validati, e che il cambio di substrato si può controllare con criteri invariati.

Non dimostra nulla sulla teoria: F1–F4 e T-OP vanno ripetuti sull'organismo spiking (D5, in corso, NR-06). La dopamina dei gangli della base è calcolata, non emessa da neuroni. La memoria di lavoro

spiking (Compte e colleghi, 2000) non ha dato una bolla localizzata ed è rimandata.

> **Limiti.** Un solo tipo di neurone per tutte le regioni; popolazioni piccole (decine o centinaia di neuroni per regione); lo spazio di lavoro è bistabile; il guadagno del LC non si riproduce; l'insula a neuroni rende il corpo meno prevedibile del mondo, e questo cambia le premesse dei test.

Riferimenti

- Brunel, N. e Wang, X.-J. (2001). Effects of neuromodulation in a cortical network model of object working memory dominated by recurrent inhibition. *J. Comput. Neurosci.* 11, 63.
- Stimberg, M., Brette, R. e Goodman, D. F. M. (2019). Brian 2, an intuitive and efficient neural simulator. *eLife* 8, e47314.
- Compte, A., Brunel, N., Goldman-Rakic, P. S. e Wang, X.-J. (2000). Synaptic mechanisms and network dynamics underlying spatial working memory in a cortical network model. *Cereb. Cortex* 10, 910.
- Rescorla, R. A. e Wagner, A. R. (1972). A theory of Pavlovian conditioning. In *Classical Conditioning II*, Appleton-Century-Crofts.
- Dehaene, S. e Changeux, J.-P. (2011). Experimental and theoretical approaches to conscious processing. *Neuron* 70, 200.
- Documenti interni: whitepaper WP-14; `docs/FASE2_PIANO.md`; schede `d0_batch_engine`, `d1_live_lc_workspace`, `d2_spiking_amygdala`, `d3_spiking_basal_ganglia`, `d4_spiking_insula_wm`.

Come citare

Chiarolanza, G. (2026). L'organismo su neuroni pubblicati. Nadirion, rapporto di ricerca NR-05, 16–25 settembre 2026. https://nadirion.eu/ricerche/neuroni-pubblicati/

Rapporto tecnico di Nadirion, non sottoposto a revisione paritaria. I criteri di ogni test sono stati scritti prima di eseguirlo; i risultati negativi sono riportati come quelli positivi. I test misurano ruoli funzionali.