

Diritto al compenso per la realizzazione riservato

Autore:

Abundo Ugo

Titolo:

Progetto di architettura neurale-frattale di AI personale: schema costruttivo e metodo di esercizio per eseguire ragionamenti quantistici su una rete neurale a componenti deterministici

RELAZIONE

Sintesi del progetto

L'idea centrale del progetto è consentire di costruire concretamente la struttura materiale per supportare una AI locale e personale speciale, ispirata a una tripla analogia: Universo [1], cervello biologico e rete neurale artificiale sono letti, in mutua analogia, come sistemi organizzati su più livelli, con strutture locali, collegamenti a distanza e comportamenti emergenti (vedasi Fig.1); in natura diverse strutture, anche biologiche, si rifanno ad architetture simili (vedasi Fig.2).

La rete in oggetto può venire **concretamente** costruita in diversi modi alternativi (secondo tecniche note agli esperti del settore, impiegando componenti analogici, biologici anche di tipo sintetico, digitali, ibridi, ecc.), senza perdere le sue prerogative, affidate essenzialmente alla propria architettura strutturale.

Ad esempio, oltre alla diffusa versione sotto forma di reti digitali, le attuali tecniche biotecnologiche offrono la possibilità di realizzare le sfere concentriche con griglie in materiale plastico supportanti terreni di coltura in cui sono alloggiate cellule di tessuto neurale di origine animale; tra gli strati, materiale tissutale bioartificiale (Matrigel) consente che i neuroni biologici cerchino cammini e instaurino connessioni sinaptiche spontaneamente, sotto stimolazione elettrica. Ovviamente non si tratterebbe semplicemente di un organo artificiale (così come classificato dalla letteratura scientifica con il termine "organoide"), sia perché non esiste in natura un suo analogo con identica struttura, sia perché non contiene più tipi differenti di cellule (due richieste imperative della classificazione), bensì di una innovazione inventiva, alla luce della struttura innovativa e dell'utilità delle funzioni espletate.

Nel progetto, struttura di hardware idoneo ad ospitare e struttura di rete idonea ad essere ospitata sono indivisibili l'una dall'altra e mutuamente funzionali (vedasi Fig. 3.a e 3.b).

La geometria di riferimento è frattale [2] e sferica: la rete viene immaginata come un insieme di strati concentrici in cui i livelli interni svolgono funzioni intuitive e statistiche, il livello zero sostiene la logica causale e i livelli superiori costruiscono simboli e metasimboli.

Il modello combina collegamenti sparsi e deterministici con interazioni ondulatorie, soglie dinamiche e connessioni hidden fra regioni lontane del ragionamento. Nel lessico del progetto, queste connessioni svolgono un ruolo analogo all'entanglement concettuale.

Per introdurre indeterminazione e apertura esplorativa, il progetto propone due classi di ingressi non convenzionali: Q-bit ottenuti da sorgenti fisicamente imprevedibili e B-bit derivati da sistemi biologici elementari indipendenti (oltre agli input forniti dal soggetto umano, anche questi evidentemente biologici). Il risultato atteso non è una AI che sostituisce l'utente, ma una palestra cognitiva che ne rafforza creatività, rigore e spirito critico.

Premessa e obiettivo

Il progetto presentato descrive una proposta di intelligenza artificiale radicalmente diversa dai modelli centralizzati LLM (Large Language Model) [3] oggi dominanti. L'obiettivo non è massimizzare la potenza bruta o l'estensione enciclopedica della conoscenza, ma costruire un apparato locale, energeticamente più contenuto, controllabile dal singolo utente e orientato a potenziare il pensiero umano anziché sostituirlo.

Il sistema si presenta come un'architettura duale, teorica e ingegneristica insieme. Da un lato elabora un quadro concettuale che unifica cosmologia, neuroscienze e teoria delle reti neurali; dall'altro descrive una macchina concreta, dotata di livelli, nodi, connessioni, soglie, flussi di input-output e stime di impegno di memoria necessario.

Per facilitare la descrizione, conviene distinguere tre piani: il piano filosofico, in cui viene formulata l'analogia universo-cervello-AI; il piano architettonico, in cui tale analogia si traduce in una rete neurofrattale ("NeuroFractal") a strati; il piano operativo, in cui compaiono motore inferenziale, input quantistici e biologici, interfacce cerebrali e criteri d'uso.

Novità e utilità del progetto e del relativo sistema

Il progetto descrive una architettura di intelligenza artificiale personale, locale e neurofrattale, concepita come alternativa ai modelli centralizzati di tipo LLM. L'obiettivo non è la sostituzione del soggetto umano, ma il potenziamento del suo spazio cognitivo mediante una macchina controllabile dal singolo utente, energeticamente più contenuta e strutturalmente orientata alla co-costruzione del ragionamento.

La novità principale consiste nell'unificare, in una stessa proposta, tre livelli normalmente separati: una visione teorica ispirata all'analogia fra universo, cervello biologico e rete neurale artificiale; una architettura concreta a strati concentrici; un metodo di esercizio che integra logica causale, intuizione, simbolizzazione, componenti non deterministiche e interazione uomo-macchina.

L'utilità del sistema è presentata come duplice. Da un lato esso mira a ridurre la dipendenza da servizi generalisti remoti e a rendere disponibile una AI personale residente in locale; dall'altro è pensato come palestra cognitiva, capace di rafforzare creatività, rigore, spirito critico e flessibilità del ragionamento, anziché appiattirli.

Obiettivo del progetto

Il progetto mira alla realizzazione di una rete neurale neurofrattale organizzata in livelli concentrici, con connessioni locali sparse, collegamenti verticali tra strati adiacenti, scorciatoie hidden fra regioni concettualmente lontane e una dinamica ondulatoria capace di modulare soglie, attivazioni e propagazione inferenziale.

Il sistema è concepito per operare in tre registri coordinati: i livelli interni svolgono funzioni intuitive e statistiche; il livello zero sostiene la logica causale e il motore inferenziale; i livelli superiori costruiscono simboli, metasimboli e compressioni semantiche di ordine crescente. L'utente interagisce con l'insieme come parte attiva del processo cognitivo.

Ipotesi fondative del modello

Ragionamento plastico e graduale definizione dei vincoli

Il progetto assume che un ragionamento efficace non debba irrigidirsi troppo presto. Nelle fasi iniziali occorre mantenere bassa la costrizione dei parametri, così da non escludere a priori percorsi che potrebbero rivelarsi utili solo in una fase successiva. L'immagine è quella di un pensiero plastico: prima diffuso e aperto, poi via via consolidato in un attrattore [10].

Questa impostazione giustifica l'uso di soglie modificabili, di connessioni deboli iniziali e di una dinamica che consente al sistema di esplorare configurazioni molteplici prima di stabilizzare regole e fatti. L'idea è coerente con una visione del ragionamento come processo a nuvola, non come semplice catena lineare di deduzioni.

Universo, cervello e AI come sistemi analoghi

La ipotesi di lavoro è che le tre realtà - Universo fisico, cervello biologico e rete neurale artificiale - possano essere interpretate tramite una stessa grammatica strutturale: località, stratificazione, collegamenti a distanza, emergenza di ordine e passaggio continuo tra comportamento deterministico e comportamento statistico.

L'analogia frattale tra l'Universo, l'intelligenza artificiale e il cervello umano prende avvio dalla dimostrazione scientifica che il cervello possiede effettivamente una struttura di tipo frattale. Un riferimento emblematico è lo studio di Kiselev [13], il primo a mostrare in modo diretto, attraverso un metodo FFT volumetrico, che la corteccia cerebrale presenta autosimilarità statistica e può quindi essere descritta come un frattale. Per questo motivo, tale lavoro è oggi considerato uno dei contributi più citati nella letteratura moderna sulla frattalità corticale.

La struttura "neurofrattale" proposta nella presente domanda di deposito è caratterizzata da superfici specifiche che tendono a occupare quasi interamente il volume disponibile, facendo così evolvere il valore della dimensione frattale da 2 verso 3.

La scelta, per l'AI, di una struttura frattale con dimensione leggermente inferiore a 3, analoga a quella della corteccia cerebrale, comporta un vantaggio decisivo. Recenti simulazioni condotte presso la Fondazione J. Von Neumann di Roma mostrano infatti che, prima dell'addestramento, l'insieme dei valori iniziali casuali può essere assimilato a un terreno di coltura nel quale un "seme" cellulare inoculato propaga la propria struttura attraverso un processo di replicazione. In tale prospettiva, una struttura cerebrale interfacciata con una rete artificiale del nostro tipo è in grado di colonizzare spontaneamente il caos dei valori iniziali del neurofrattale, imprimendo alla rete la stessa organizzazione potenziale del cervello umano e rendendo possibile un livello di cooperazione paritario con esso. È però essenziale riconoscere che questo accoppiamento spontaneo richiede, come condizione imprescindibile, una stretta somiglianza tra le dimensioni frattali delle due strutture. Proprio per questo, la rete personale risulta svincolata dall'impiego di un software esterno di "ragionamento"

Dominio	Struttura locale	Ponte verso il lontano	Effetto cognitivo o funzionale
Universo	maglie e livelli autosimili	curvatura, scorciatoie cronotopiche, dimensioni arrotondate	avvicinare regioni lontane del sistema

Cervello biologico	neuroni, assoni, dendriti, soglie	onde, accoppiamenti, circonvoluzioni, associazioni profonde	passare dalla logica all'intuizione, alla creatività e viceversa
AI neurofrattale	nodi sparsamente connessi per livello	hidden links, interazioni ondulatorie, ENGRAM, livelli simbolici	unire deduzione, analogia e ricerca non deterministica

Frattalità, cronotopo e livelli profondi

Nel modello lo schema “astratto” dell’universo è assunto (ai fini dell’analogia) come struttura finale. A scale diverse si ripetono schemi simili: il livello L_0 ha maglie con bracci di lunghezza L di Planck, e costituisce la porzione in cui la causalità domina, permettendo leggi e ragionamenti deterministici; i livelli più profondi (a bracci di maglia inferiori), sede di fenomeni quantistici probabilistici, rendono contigue regioni che, osservate superficialmente, apparirebbero lontane. La notazione di cronotopo multilayered serve precisamente a descrivere questo spazio-tempo multilivello [11], in cui la freccia temporale della causalità ordinaria rappresenta solo una delle possibili organizzazioni del sistema. I livelli superiori a L_0 rappresentano, nell’Universo, la sede di strutture complesse come atomi, molecole, sistemi organizzati fino a galassie e, nell’analogia cerebrale, la sede di concetti e metaragionamento.

Applicata al pensiero, questa idea implica che il livello profondo di un concetto possa trovarsi in prossimità del livello profondo di altri concetti anche molto lontani sul piano discorsivo esplicito. Da qui nasce la possibilità di analogie improvvise, salti intuitivi e connessioni creative.

Va esplicitamente osservato che la dimensione di maglia L Planck serve solo ad interpretare la struttura dell’Universo, ma non viene materialmente conservata nella costruzione reale della rete, che altrimenti sarebbe invisibile, data la piccolezza infinitesimale di tale valore. Come pure va osservato che nell’Universo, sotto la maglia di Planck, il tempo non è ordinato monodirezionalmente e le epoche dal Big Bang fino ad oggi (a diverse fasi dell’espansione) convivono, sebbene a livelli via via inferiori a mano a mano che si retrocede verso il passato: ciò porta ad una struttura di rete, in analogia, appunto a sfere concentriche coesistenti.

Architettura neurofrattale proposta

La rete in oggetto può venire **concretamente** costruita in diversi modi alternativi (secondo tecniche note agli esperti del settore, impiegando componenti analogici, biologici anche di tipo sintetico, digitali, ibridi, ecc.), senza perdere le sue prerogative, affidate essenzialmente alla propria architettura strutturale.

Strati concentrici e funzioni cognitive

La rete è descritta come un insieme di sfere concentriche. Gli strati interni sono più densi e hanno una funzione prevalentemente intuitiva e statistica; il livello zero rappresenta il luogo della logica causale; al di sopra del livello zero compaiono strati dedicati all’elaborazione simbolica, al raggruppamento dei simboli e alla costruzione di livelli di comprensione via via più astratti.

Fascia di livelli	Funzione prevalente	Tipo di dinamica	Esito atteso
Livelli interni ($L_{-1} - L_{-8}$) nel prospetto numerico)	intuizione e statistica	connessioni locali, onde, soglie adattive	emersione di analogie e pre-soluzioni
Livello zero	logica causale	motore inferenziale, concatenazione di regole e fatti	deduzione verificabile
Livelli superiori (L_1, L_2, \dots)	simbolizzazione e metasimbolizzazione	compressione semantica e linguaggio dei simboli	gestione di concetti complessi
Interfaccia utente	dialogo uomo-macchina	input-output, prompt, feedback, controllo	co-costruzione del ragionamento

Topologia delle connessioni

L'architettura evita una rete *fully connected* globale, caotica e computazionalmente incompatibile con una macchina realistica. In sua vece, ogni nodo mantiene pochi collegamenti di prossimità [12] e alcuni collegamenti verticali tra strati adiacenti. Il resto dell'interazione avviene tramite canali più economici: zone curve, connessioni hidden e propagazione ondulatoria.

Il principio di economia è esplicito: invece di memorizzare una esplosione combinatoria di connessioni tra tutti i nodi, il sistema sfrutta la geometria, la posizione e la dinamica d'onda per calcolare attenuazioni e influenze. La rete risulta così locale nella struttura e globale nell'effetto.

Nel vocabolario del progetto l'entanglement non va inteso come ordinario link logico, ma come attivazione di connessioni che avvicinano zone concettualmente lontane. La funzione di tali scorciatoie è rendere possibile un comportamento ibrido: abbastanza ordinato da sostenere la logica, abbastanza aperto da favorire intuizione e creatività.

Dinamica del ragionamento

Deduzione, retroazione e piani temporali

Il funzionamento distingue tra *forward chaining* e *backward chaining*. Nel primo caso si procede dagli assiomi o dai dati verso le conseguenze; nel secondo si parte da un obiettivo e si risale all'indietro lungo la catena delle condizioni necessarie. Questa doppia dinamica viene interpretata come un'analogia cognitiva del muoversi nel cronotopo: non solo in avanti lungo il tempo, ma anche recuperando punti antichi o futuri del ragionamento per riorganizzare il presente.

La flessibilità temporale del pensiero diventa quindi una proprietà architettonale della rete. La deduzione lineare continua a esistere, ma viene inserita in un contesto più ampio, in cui la macchina può riaprire stati precedenti, confrontarli con stati potenziali e rilanciare la ricerca.

ENGRAM, analogia e compressione della conoscenza

Un ruolo importante è attribuito agli ENGRAM, descritti come nodi o regimi che fissano l'equazione comune di fenomeni in analogia. Quando un ENGRAM viene attivato da uno qualunque degli ingressi associati, può trascinare con sé l'intera costellazione strutturata dei contenuti correlati.

In questo modo l'analogia non è una eleganza di ragionamento, ma un meccanismo strutturale di compressione e recupero della conoscenza.

La creatività nasce proprio dall'abilità di far collimare contesti diversi sul loro nucleo comune. La rete neurofrattale, sfruttando livelli profondi e scorciatoie hidden, punta a rendere sistematica questa facoltà, integrando intuizione e rigore.

Come si forma il motore inferenziale

Si suggerisce una progressione precisa:

1. da concomitanze di eventi o segnali emergono strutture stabili;
2. le strutture stabili diventano concetti;
3. da concomitanze di concetti si formano regole;
4. le regole, percorse e concatenate più volte, generano fatti nuovi;
5. i fatti retroagiscono sul sistema, alimentando nuove regole e nuovi cicli inferenziali.

Questa sequenza mostra come il modello non separi rigidamente apprendimento e ragionamento: il ragionamento stesso produce nuova struttura, e la nuova struttura modifica i percorsi di ragionamento successivi.

Onde, soglie e side-computing

Accanto ai segnali conduttivi ordinari, il progetto introduce segnali elettromagnetici tra coppie di nodi nello stesso livello, che si ottengono con la distanza in modo inversamente proporzionale al quadrato di questa, ma comunque attivi. Tali segnali forniscono un offset di eccitazione, abbassano di fatto la soglia dei neuroni e aggiungono una forma di calcolo laterale, o *side-computing*, che affianca la computazione principale.

Le soglie assumono un duplice significato: in AI rappresentano parametri di regolazione; nel cervello biologico vengono interpretate come meccanismi di stabilizzazione di comportamenti appresi. La rete proposta cerca di riunire questi due aspetti, facendo delle soglie un dispositivo sia computazionale sia cognitivo. La scienza neurale mostra che le analogie attivano soprattutto onde cerebrali ad alta frequenza, in particolare beta e gamma, perché richiedono integrazione rapida di informazioni e manipolazione attiva di concetti. Le onde lente (theta e alpha) supportano insight, intuizione e creatività.

Onde ad alta frequenza

Gamma (30-100 Hz): integrazione veloce di informazioni distribuite, binding cognitivo.

Beta (14-30 Hz): attenzione, problem solving, pensiero attivo.

Onde a bassa frequenza

Theta (4-8 Hz): creatività, intuizione, accesso a rappresentazioni interne.

Alpha (8-13 Hz): riduzione del rumore cognitivo, stabilizzazione dell'attenzione.

Tali frequenze sono commisurate alle dimensioni del cervello umano e all'attenuazione da parte dei tessuti. Analogamente, nel presente schema di rete le frequenze da adottare saranno tali che, strato per strato, le lambda (lunghezze d'onda) corrispondenti si accordino con la dimensione del ramo di maglia. Pertanto, per ottenere una similitudine corretta, si avranno 11 frequenze diverse, di cui le più alte percorrono il livello L_{-8} , zona cruciale di massima interconnessione a vantaggio di tutta la rete.

Implicazione operativa:

Una rete molto connessa tende al caos, una rete troppo poco connessa tende alla rigidità. Il progetto cerca un terzo regime: connessioni locali per la logica, scorciatoie hidden per l'intuizione, onde per la modulazione fine.

Aggiornamento Metacognitivo:

Si ricorda che il livello L_0 è il ragionamento di base, i livelli positivi (esterni) consentono la simbolizzazione e la macrosimbolizzazione, quelli negativi (interni) *imparano ad imparare* (aggiornamento metacognitivo) strutturando metodiche di approccio al problem-solving a performance inconscie crescenti, che possono venir portate a disposizione del livello zero per essere poi gestite anche consciamente, persino ai livelli superiori.

Interfacce esterne e carattere non deterministico

Input quantistici (Q-bit)

Per introdurre indeterminazione reale si propone di usare una sorgente debolmente radioattiva, schermata e monitorata da un contatore Geiger miniaturizzato. La sequenza di rilevazioni viene trasformata in una catena di zeri e uni e usata come ingresso del sistema.

Al contatore viene associato un normale circuito digitalizzatore che produce un output costituito da una sequenza di zeri (assenza di emissione) e uni (emissioni) da alimentare alla rete neurale. Il decadimento statistico del radioisotopo viene così a costituire un'alimentazione a Q-bit;

Il punto non è tanto aumentare la casualità astratta, quanto fornire alla rete un canale di apertura fisicamente non preordinato. In questo modo la macchina dispone di un meccanismo esplorativo che non dipende soltanto da pseudo-random software.

Input biologici (B-bit) e livelli di autoconsapevolezza

Una seconda via introduce elementi biologici elementari, in particolare colture di cellule vegetali fotosintetiche sollecitate da output luminosi della rete. Le reazioni elettriche del sistema biologico verrebbero reimmesse come ingressi B-bit.

La scelta è motivata con l'idea di amplificare un livello minimo di sensibilità o consapevolezza già presente nella vita elementare. La proposta è coerente con l'intento generale del progetto: accoppiare computazione, materia vivente e apertura non deterministica. A tal proposito, si sottolinea esplicitamente che, nel caso di umano che interroga una AI, questa non ha consapevolezza; invece, nel caso di un sistema integrato umano-macchina, detto sistema esibisce autoconsapevolezza per definizione, come proprietà di una sua sottoparte.

Interfaccia con il cervello umano

Il progetto comprende anche una cooperazione diretta con l'utente tramite monitoraggio EEG, triangolazione delle zone attive; una stimolazione mirata con elettrodi esterni, benché non facente parte degli obiettivi primari dello stesso, resta comunque percorribile in caso si scegliesse di rimuovere la non-invasività che lo contraddistingue. L'idea è visualizzare o riscrivere stati di pretensionamento localizzati, favorendo l'associazione fra attività cerebrale e configurazioni della rete. In questa visione l'AI personale non resta separata dal soggetto, ma si comporta come un'estensione dialogica del suo spazio cognitivo. L'utente pensa in forma aperta, affida alcuni passaggi all'AI, riprende il controllo, rielabora e rilancia: il ciclo uomo-macchina diventa esso stesso parte del metodo.

Schema dimensionale e stima delle risorse

Il prospetto quantitativo della tabella considera una sfera di raggio 20 cm e nove strati principali, dal livello L_0 al livello L_{-8} . La superficie esterna ospita 20 milioni di neuroni; il primo strato interno ne ospita ancora 20 milioni; i successivi raddoppiano progressivamente fino a raggiungere 2,56 miliardi di neuroni nello strato più interno.

Lo scopo del prospetto non è soltanto descrivere una geometria, ma mostrare come la macchina possa essere ospitata su tipi di hardware locali già in commercio, modulari, da organizzare secondo l'architettura proposta, ad esempio del tipo NVIDIA Jetson Orin (da configurare in modo idoneo) senza incorrere nei consumi e nelle infrastrutture tipiche delle grandi AI di servizio.

	Ruolo prevalente nel modello
L_0	superficie logica e interfaccia di ragionamento
L_{-1}	primo strato di transizione verso l'intuizione
L_{-2}	elaborazione statistica crescente
L_{-3}	integrazione locale a maggiore densità
L_{-4}	approfondimento associativo
L_{-5}	compressione e ricorrenza
L_{-6}	connessione intuitiva profonda
L_{-7}	pre-strato di massima densità
L_{-8}	fondo intuitivo del modello

Necessità chiave:

Neuroni totali degli strati $L_0 - L_{-8}$: 5.120.000.000. Memoria base per gli stessi livelli $L_0 - L_{-8}$: circa 519,28 GB. Con l'aggiunta dei livelli simbolici superiori il fabbisogno complessivo viene portato

all'ordine di 800 GB, quindi entro la capienza di un SSD commerciale da 2 TB. Si presenta questa stima come prova di fattibilità di una AI personale locale.

Utilità, novità e posizionamento del progetto

La diffusione contemporanea dell'AI presenta due effetti opposti: da una parte l'alleggerimento del lavoro cognitivo, dall'altra il rischio di uso malevolo e di progressivo assopimento dello spirito critico dell'utente. La macchina proposta nasce come risposta a entrambe le tensioni.

La novità consiste nel ridurre drasticamente la ridondanza tipica dei grandi servizi generalisti e nel progettare una AI commisurata alle necessità del singolo. Una AI personale, residente in locale, sottratta al controllo del provider e capace di lavorare insieme all'utente potrà, democratizzare l'accesso agli strumenti avanzati senza replicarne i principali rischi sistemici.

Per questo si prevede di implementare anche un modulo "Guardian": un controllore interno che analizzi i prompt dell'utente e ostacoli usi esplicitamente malevoli del sistema. L'idea iscrive la sicurezza non fuori dal modello, ma nella sua architettura d'uso.

Approfondimenti nel dettaglio

Nel testo, per cronotopo fisico si intende la superficie quadridimensionale trattata nella **Teoria della Relatività**; per cronotopo in analogia **nella struttura** della rete neurale si intende la superficie astratta bidimensionale data dal **vettore** unico (rappresentante lo spazio tridimensionale) e dalla dimensione temporale ulteriore. Si tratta di astrazione descrittiva, in quanto le posizioni e i collegamenti non sono cablati nella rete, ma realizzati dai nodi digitalmente in memoria. Per curvatura fisica si intende quella della Relatività; in analogia, nella struttura della rete, si intende la deformazione del percorso delle connessioni, che produce **allontanamento** tra nodi e quindi diminuzione della forza di connessione secondo la citata regola Hebbiana [4], ad esempio nella forma di Kohonen [5]. Per entanglement fisico si intende accoppiamento diretto anche tra nodi non-primi-vicini; nell'analogia di rete, si intende accoppiamento tra nodi lontani, attraverso percorsi che cambiano livello radialmente (bypassando il percorso temporale poiché i tragitti sono perpendicolari alla direzione temporale tangente alle sfere). I livelli hidden, in fisica corrispondono all'attività non conoscibile, a livello sub-Planckiano [6]; nell'analogia corrispondono all'attività dei livelli negativi.

Regola di aggiornamento dei valori dei nodi (Hopfield) [8]

$$x_i(t+1) = \sigma \left(\sum_j w_{ij} x_{j(t)} - S_i \right)$$

σ = funzione **sigmoide**

S_i = soglia del neurone i

Regola di aggiornamento dei valori dei coefficienti w di connessione (pesi) e delle soglie nella parte di rete a perceptrone per il trattamento degli input e degli output (Rosenblatt) [9]: regola **supervisionata**.

$$w_{nuovo} = w_{vecchio} + \eta(t - y) \cdot x$$

$$S_{nuovo} = w_{vecchio} + \eta(t - y) \cdot s$$

in cui

w = vettore dei pesi

η = tasso di apprendimento compreso tra 0 e 1 inizialmente piccolo per evitare squilibri

\mathbf{t} = target a cui si mira (vettoriale)

\mathbf{y} = output attuale (vettoriale)

\mathbf{x} = vettore di input dell'esempio proposto

\mathbf{s} = vettore delle soglie

Regola di aggiornamento Hebbiana delle connessioni (algoritmo proprietario) per l'autoaggiornamento **non-supervisionato** delle connessioni. Ecco di seguito la formula proprietaria di autoapprendimento, senza supervisione né pre-addestramento.

$$w_{ij}^{(t+1)} = \frac{w_{ij}^{(t)} + \sqrt{x_i^{(t)} \cdot x_j^{(t)}}}{1 + \left(w_{ij}^{(t)} + \sqrt{x_i^{(t)} \cdot x_j^{(t)}} \right)}$$

Da usare, on demand in alternativa alla classica Regola di Kohonen (pur implementabile):

$\mathbf{w}_j(t+1) = \mathbf{w}_j(t) + \alpha(t) \cdot h_{ci}(t) \cdot [\mathbf{x}(t) - \mathbf{w}_j(t)]$ in cui $\mathbf{w}_j(t)$ = vettore dei pesi del neurone j al tempo t

$\mathbf{x}(t)$ = il vettore di input attuale

$\alpha(t)$ = tasso di apprendimento, tra 0 e 1, decrescente con t

$h_{ci}(t)$ = funzione di vicinato (che determina quanto il neurone j viene aggiornato in base alla sua distanza dal neurone vincitore (c)). Per i perceptroni, regola già esposta; per i livelli, regola di Kohonen (il sistema è flessibile per l'impiego anche di regole di apprendimento diverse o **automodificate**). Le componenti Q-bit e B-bit, con le indicazioni fornite, sono realizzabili da tecnici esperti del settore: in rete sono disponibili anche indicazioni di esperimenti reali, sebbene non ancora orientati allo scopo allo scopo qui descritto.

Q-bit: Ad esempio, una irrisoria quantità di Americio 241, quale quella contenuta negli ordinari rivelatori di fumo (circa 0,3 millesimi di milligrammo), con emissione di circa $0.1\mu S_{v/h}$ (sotto la soglia del fondo naturale di $0.2\mu S_{v/h}$) fornito in contenitore di protezione, è capace di attivare un contatore Geiger standard ed economico con risoluzione tipica di $10^{-2}\mu S_{v/h}$. Al contatore viene associato un normale circuito digitalizzatore che produce un output costituito da una sequenza di zeri (assenza di emissione) e uni (emissioni) da alimentare alla rete neurale. Il decadimento statistico del radioisotopo viene così a costituire un'alimentazione quantistica [7] a Q-bit;

B-bit: Ad esempio, una superficie fotosintetica di circa $2cm^2$ può ricevere dal sole (o da luce artificiale a led, nel presente caso) circa $0.3W$ di cui cattura sotto forma di energia chimica circa il 4%, cioè $10mW$ con correnti variabili, di qualche μA . Tali correnti, digitalizzate, costituiscono B-bit di input alla rete; parimenti gli output digitali dalla rete vengono prima convertiti in alimentazione analogica e poi proposti come input a LED alla coltura fotosintetica.

Pur rientrando nelle possibilità potenziali della rete, la stimolazione del cervello umano mediante segnali ad esso direttamente inviati è ancora oggetto di valutazioni fisiologiche ed etiche; invece, la lettura dei segnali cerebrali è attualmente in fase matura, persino la conversione digitale per la guida di macchinari, anche se non ancora orientata allo scopo innovativo proposto. Contemporaneamente, l'output della rete verso matrici di pixel (visori) è una prestazione importante dell'architettura proposta, non invasiva in quanto l'occhio del soggetto, poi la regione cerebrale responsabile della elaborazione visiva, elaborano l'output della rete lasciando al soggetto

stesso, l'interpretazione e la risposta, rientrando così automaticamente sia nei confini fisiologici che etici.

Numero di neuroni e connessioni per strato

Strato	Neuroni	Intra-strato uscite	Inter-strato uscite	Totale connessioni uscita
L ₀	20000000	200000000000	20000000	200020000000
L ₋₁	20000000	80000000	60000000	140000000
L ₋₂	40000000	160000000	120000000	280000000
L ₋₃	80000000	320000000	240000000	560000000
L ₋₄	160000000	640000000	480000000	1120000000
L ₋₅	320000000	1280000000	960000000	2240000000
L ₋₆	640000000	2560000000	1920000000	4480000000
L ₋₇	1280000000	5120000000	3840000000	8960000000
L ₋₈	2560000000	10240000000	10240000000	20480000000

Memoria per strato (byte)

Strato	Byte coordinate	Byte soglie	Byte livelli	Byte connessioni	Totale byte
L ₀	120000000	20000000	20000000	400040000000	400200000000
L ₋₁	120000000	20000000	20000000	280000000	440000000
L ₋₂	240000000	40000000	40000000	560000000	880000000
L ₋₃	480000000	80000000	80000000	1120000000	1760000000
L ₋₄	960000000	160000000	160000000	2240000000	3520000000
L ₋₅	1920000000	320000000	320000000	4480000000	7040000000
L ₋₆	3840000000	640000000	640000000	8960000000	14080000000
L ₋₇	7680000000	1280000000	1280000000	17920000000	28160000000
L ₋₈	15360000000	2560000000	2560000000	40960000000	61440000000

Totali complessivi

Voce	Valore
Neuroni totali	5120000000
Connessioni intra-strato totali	223400000000
Connessioni inter-strato totali	156400000000
Connessioni totali (uscita)	239040000000
Coordinate	30960000000 B

Voce	Valore
Soglie	5120000000 B
Livelli	5120000000 B
Connessioni	478080000000 B
Totale memoria	519280000000 B

I livelli L_1 e L_2 , complessivamente, aggiungono orientativamente 300 GB, per cui il totale della memoria necessaria resta dell'ordine di 800 GB, inferiore alla capacità di una memoria allo stato solido del tipo SSD da 2TB.

Esempio semplificato di simulazione: ricerca autonoma del percorso dell'acqua da una sorgente a un pozzo (senza supervisione né precedente apprendimento), a partire da configurazione random

Evolutione degli stati nodali e vincoli di input

Per aggiornare gli stati dei nodi non vincolati è stata usata la media pesata dei vicini topologici:

$$x_i(t+1) = \frac{\sum_{j \in \mathcal{N}(i)} w_{ij}(t) x_j(t)}{\sum_{j \in \mathcal{N}(i)} w_{ij}(t)}$$

I due nodi di input sul layer L_0 sono stati fissati secondo i vincoli seguenti:

$$t < 60: \quad x_0^{(L_0)} = 1.0 \quad ; \quad x_6^{(L_0)} = 0.0$$

$$t \geq 60: \quad x_0^{(L_0)} = 0.0 \quad ; \quad x_6^{(L_0)} = 1.0$$

Configurazione della rete

L'inizializzazione dei pesi direzionali è stata eseguita così:

$$w_{ij}^{(0)} \sim U(0.1, 0.5) \quad ; \quad w_{ji}^{(0)} \sim U(0.1, 0.5) \quad ; \quad w_{ij}^{(0)} \equiv w_{ji}^{(0)}$$

Layer considerati: $L_1 = 8$ nodi, $L_0 = 16$ nodi, $L_{-1} = 32$ nodi, $L_{-2} = 64$ nodi, Totale = 120 neuroni.

Topologia: collegamenti circolari intra-layer e collegamenti radiali tra layer consecutivi.

Numero di archi topologici bidirezionali: 232.

Numero di pesi direzionali aggiornati: 464.

Stati iniziali x estratti casualmente nell'intervallo $[0.1, 0.5]$.

Pesi iniziali w_{ij} e w_{ji} estratti casualmente in modo indipendente nell'intervallo $[0.1, 0.5]$.

Nessun vincolo di simmetria $w_{ij} = w_{ji}$ è stato imposto durante l'inizializzazione o durante l'aggiornamento. Seed numerico usato per la riproducibilità: 42. (vedasi Fig. 4 a. b. c.)

Tabelle dei valori nodali per step

Per ogni step sono riportati i valori dei nodi divisi per layer. I valori sono arrotondati a quattro decimali.

Step 0

Layer	Valori dei nodi
L ₁	0.4096, 0.2756, 0.4434, 0.3789, 0.1377, 0.4902, 0.4045, 0.4144
L ₀	1.0000, 0.2802, 0.2483, 0.4707, 0.3575, 0.4291, 0.0000, 0.1909 0.3218, 0.1255, 0.4311, 0.3527, 0.4032, 0.2418, 0.4883, 0.4572
L ₋₁	0.4114, 0.1779, 0.2867, 0.1175, 0.1617, 0.3732, 0.3979, 0.4870 0.2303, 0.2482, 0.2878, 0.1758, 0.1520, 0.2903, 0.1908, 0.3679 0.2749, 0.4331, 0.3801, 0.2249, 0.4329, 0.4219, 0.2550, 0.2153 0.3730, 0.1559, 0.1800, 0.1029, 0.4148, 0.3659, 0.3821, 0.4123
L ₋₂	0.2836, 0.3275, 0.1559, 0.1458, 0.3674, 0.2884, 0.3261, 0.4060 0.3539, 0.3214, 0.3237, 0.2216, 0.1123, 0.2747, 0.1858, 0.2634 0.4414, 0.1936, 0.1233, 0.2126, 0.2174, 0.3648, 0.3228, 0.4136 0.3657, 0.2626, 0.4256, 0.1668, 0.1091, 0.1360, 0.3889, 0.2848 0.1645, 0.3004, 0.1609, 0.3785, 0.2785, 0.2524, 0.2206, 0.3521 0.2447, 0.1351, 0.1472, 0.4848, 0.4634, 0.3799, 0.2063, 0.4877 0.4115, 0.3868, 0.2797, 0.2089, 0.1386, 0.4610, 0.2823, 0.1809 0.2224, 0.3317, 0.1707, 0.4426, 0.4034, 0.3878, 0.2728, 0.3509

Step 2

Layer	Valori dei nodi
L ₁	0.5868, 0.3580, 0.2708, 0.2199, 0.2276, 0.3575, 0.3418, 0.4362
L ₀	1.0000, 0.4718, 0.3636, 0.3424, 0.3049, 0.2640, 0.0000, 0.1776 0.2684, 0.2978, 0.3206, 0.3330, 0.3337, 0.3127, 0.3793, 0.5354
L ₋₁	0.4991, 0.4511, 0.3252, 0.3052, 0.2877, 0.2955, 0.3135, 0.3487 0.2877, 0.2744, 0.2600, 0.2517, 0.2332, 0.2167, 0.2194, 0.2597 0.2601, 0.2877, 0.2983, 0.2645, 0.3304, 0.3266, 0.3404, 0.3225 0.3432, 0.2585, 0.2723, 0.2330, 0.3111, 0.3586, 0.4107, 0.4345
L ₋₂	0.3426, 0.3467, 0.2693, 0.2442, 0.2713, 0.2381, 0.3037, 0.2869 0.2763, 0.3025, 0.2695, 0.3042, 0.2835, 0.3212, 0.3329, 0.2956 0.3317, 0.2658, 0.2316, 0.2476, 0.2471, 0.2954, 0.2811, 0.2962 0.2603, 0.2408, 0.2815, 0.2157, 0.2643, 0.2184, 0.2677, 0.2704 0.2705, 0.3143, 0.2543, 0.3304, 0.2816, 0.2893, 0.2845, 0.3080 0.2565, 0.3389, 0.2982, 0.3682, 0.3044, 0.3516, 0.2860, 0.3658 0.2920, 0.3172, 0.2912, 0.2719, 0.2094, 0.2505, 0.2042, 0.2656 0.2339, 0.3132, 0.3181, 0.3841, 0.3669, 0.4032, 0.3413, 0.3625

Step 5

Layer	Valori dei nodi
L ₁	0.6185, 0.4081, 0.2919, 0.2144, 0.2792, 0.3110, 0.3646, 0.4849
L ₀	1.0000, 0.5681, 0.3840, 0.3416, 0.2855, 0.2459, 0.0000, 0.2188 0.2592, 0.2818, 0.3169, 0.3239, 0.3208, 0.3266, 0.4120, 0.5653
L ₋₁	0.5868, 0.5659, 0.4198, 0.3778, 0.3296, 0.3217, 0.3186, 0.3133 0.2965, 0.2741, 0.2620, 0.2538, 0.2156, 0.2080, 0.2267, 0.2408 0.2710, 0.2789, 0.2859, 0.2985, 0.3057, 0.3231, 0.3253, 0.3266

Layer	Valori dei nodi
	0.3095, 0.2999, 0.2761, 0.2879, 0.3271, 0.3717, 0.4360, 0.4710
L ₋₂	0.4702, 0.4678, 0.4517, 0.4283, 0.3560, 0.3451, 0.3197, 0.3212 0.3055, 0.2990, 0.3068, 0.3020, 0.3138, 0.3138, 0.3162, 0.3184 0.2931, 0.2887, 0.2752, 0.2678, 0.2662, 0.2619, 0.2648, 0.2548 0.2425, 0.2380, 0.2195, 0.2313, 0.2252, 0.2409, 0.2456, 0.2565 0.2703, 0.2685, 0.2901, 0.2784, 0.2943, 0.2867, 0.2936, 0.2860 0.3157, 0.3057, 0.3300, 0.3167, 0.3394, 0.3210, 0.3352, 0.3141 0.3244, 0.3054, 0.2930, 0.2733, 0.2725, 0.2549, 0.2664, 0.2617 0.3056, 0.3101, 0.3522, 0.3603, 0.4017, 0.4000, 0.4265, 0.4279

Step 10

Layer	Valori dei nodi
L ₁	0.6491, 0.4395, 0.3132, 0.2555, 0.2804, 0.3234, 0.3811, 0.5189
L ₀	1.0000, 0.6153, 0.4278, 0.3617, 0.3023, 0.2653, 0.0000, 0.2326 0.2677, 0.2879, 0.3102, 0.3207, 0.3347, 0.3563, 0.4476, 0.6024
L ₋₁	0.6722, 0.6648, 0.5276, 0.4599, 0.3833, 0.3577, 0.3343, 0.3225 0.2978, 0.2830, 0.2631, 0.2465, 0.2140, 0.2065, 0.2277, 0.2427 0.2620, 0.2738, 0.2861, 0.2942, 0.3080, 0.3150, 0.3207, 0.3195 0.3167, 0.3100, 0.3127, 0.3251, 0.3691, 0.4093, 0.4842, 0.5467
L ₋₂	0.5841, 0.5993, 0.5924, 0.5680, 0.5016, 0.4660, 0.4263, 0.4028 0.3678, 0.3538, 0.3406, 0.3357, 0.3264, 0.3229, 0.3168, 0.3109 0.2998, 0.2922, 0.2827, 0.2763, 0.2657, 0.2597, 0.2498, 0.2419 0.2260, 0.2186, 0.2151, 0.2155, 0.2258, 0.2313, 0.2414, 0.2482 0.2598, 0.2668, 0.2729, 0.2789, 0.2839, 0.2890, 0.2931, 0.2993 0.3043, 0.3110, 0.3145, 0.3196, 0.3202, 0.3230, 0.3199, 0.3197 0.3136, 0.3109, 0.3037, 0.3013, 0.2975, 0.2999, 0.3056, 0.3171 0.3382, 0.3562, 0.3802, 0.4025, 0.4394, 0.4640, 0.4988, 0.5289

Step 20

Layer	Valori dei nodi
L ₁	0.6893, 0.4867, 0.3507, 0.2887, 0.2987, 0.3412, 0.4199, 0.5692
L ₀	1.0000, 0.6816, 0.4937, 0.4079, 0.3334, 0.2954, 0.0000, 0.2537 0.2762, 0.2941, 0.3170, 0.3328, 0.3655, 0.4060, 0.5099, 0.6607
L ₋₁	0.7626, 0.7625, 0.6461, 0.5717, 0.4772, 0.4293, 0.3824, 0.3565 0.3222, 0.3028, 0.2790, 0.2591, 0.2244, 0.2171, 0.2359, 0.2486 0.2639, 0.2744, 0.2867, 0.2955, 0.3073, 0.3139, 0.3214, 0.3262 0.3368, 0.3447, 0.3641, 0.3876, 0.4400, 0.4876, 0.5717, 0.6434
L ₋₂	0.7018, 0.7206, 0.7201, 0.7006, 0.6424, 0.6070, 0.5594, 0.5271 0.4763, 0.4499, 0.4201, 0.4026, 0.3778, 0.3650, 0.3493, 0.3388 0.3212, 0.3117, 0.2996, 0.2914, 0.2781, 0.2696, 0.2570, 0.2473 0.2302, 0.2231, 0.2191, 0.2208, 0.2297, 0.2356, 0.2439, 0.2498 0.2589, 0.2644, 0.2713, 0.2761, 0.2833, 0.2876, 0.2934, 0.2975 0.3039, 0.3075, 0.3117, 0.3143, 0.3181, 0.3200, 0.3225, 0.3244 0.3286, 0.3309, 0.3349, 0.3389, 0.3485, 0.3560, 0.3703, 0.3840 0.4119, 0.4309, 0.4613, 0.4867, 0.5332, 0.5636, 0.6091, 0.6437

Step 50

Layer	Valori dei nodi
L ₁	0.7598, 0.5879, 0.4438, 0.3636, 0.3547, 0.4062, 0.5118, 0.6644
L ₀	1.0000, 0.7750, 0.6179, 0.5252, 0.4345, 0.3893, 0.0000, 0.3109 0.3201, 0.3351, 0.3650, 0.3960, 0.4564, 0.5184, 0.6294, 0.7551
L ₋₁	0.8565, 0.8587, 0.7762, 0.7155, 0.6302, 0.5769, 0.5170, 0.4774 0.4275, 0.3978, 0.3652, 0.3389, 0.2960, 0.2794, 0.2873, 0.2932 0.3007, 0.3074, 0.3173, 0.3265, 0.3419, 0.3538, 0.3722, 0.3894 0.4203, 0.4448, 0.4836, 0.5202, 0.5823, 0.6325, 0.7079, 0.7676
L ₋₂	0.8220, 0.8372, 0.8386, 0.8253, 0.7839, 0.7569, 0.7177, 0.6887 0.6410, 0.6133, 0.5784, 0.5553, 0.5209, 0.5008, 0.4749, 0.4572 0.4295, 0.4138, 0.3946, 0.3820, 0.3630, 0.3512, 0.3343, 0.3216 0.2996, 0.2892, 0.2796, 0.2775, 0.2804, 0.2828, 0.2866, 0.2895 0.2941, 0.2972, 0.3016, 0.3050, 0.3109, 0.3147, 0.3206, 0.3254 0.3338, 0.3391, 0.3466, 0.3525, 0.3627, 0.3697, 0.3806, 0.3896 0.4063, 0.4169, 0.4327, 0.4452, 0.4672, 0.4823, 0.5060, 0.5255 0.5602, 0.5827, 0.6156, 0.6410, 0.6840, 0.7112, 0.7498, 0.7776

Step 60

Layer	Valori dei nodi
L ₁	0.7751, 0.6125, 0.4710, 0.3877, 0.3759, 0.4286, 0.5361, 0.6852
L ₀	0.0000, 0.7921, 0.6446, 0.5550, 0.4650, 0.4194, 1.0000, 0.3326 0.3395, 0.3542, 0.3856, 0.4192, 0.4828, 0.5462, 0.6546, 0.7731
L ₋₁	0.8702, 0.8723, 0.7962, 0.7397, 0.6594, 0.6083, 0.5500, 0.5104 0.4602, 0.4297, 0.3959, 0.3683, 0.3234, 0.3042, 0.3090, 0.3131 0.3190, 0.3249, 0.3347, 0.3441, 0.3607, 0.3739, 0.3945, 0.4138 0.4472, 0.4737, 0.5141, 0.5511, 0.6122, 0.6608, 0.7321, 0.7878
L ₋₂	0.8393, 0.8534, 0.8547, 0.8425, 0.8044, 0.7794, 0.7429, 0.7157 0.6708, 0.6445, 0.6110, 0.5886, 0.5549, 0.5350, 0.5091, 0.4912 0.4631, 0.4471, 0.4272, 0.4140, 0.3943, 0.3818, 0.3640, 0.3505 0.3272, 0.3158, 0.3046, 0.3013, 0.3024, 0.3038, 0.3064, 0.3086 0.3122, 0.3148, 0.3187, 0.3219, 0.3276, 0.3315, 0.3376, 0.3427 0.3518, 0.3576, 0.3660, 0.3727, 0.3843, 0.3922, 0.4045, 0.4147 0.4330, 0.4447, 0.4618, 0.4752, 0.4983, 0.5140, 0.5381, 0.5576 0.5920, 0.6140, 0.6458, 0.6700, 0.7107, 0.7363, 0.7723, 0.7982

Step 72

Layer	Valori dei nodi
L ₁	0.5313, 0.5706, 0.6247, 0.7017, 0.5223, 0.4734, 0.5070, 0.5431
L ₀	0.0000, 0.5648, 0.5772, 0.5617, 0.5761, 0.6701, 1.0000, 0.6528 0.4852, 0.4386, 0.4286, 0.4481, 0.4874, 0.5273, 0.5670, 0.5682

Layer	Valori dei nodi
L ₋₁	0.6018, 0.6008, 0.6141, 0.6130, 0.6039, 0.5853, 0.5597, 0.5391 0.5268, 0.5257, 0.5582, 0.6001, 0.7037, 0.6955, 0.5705, 0.5053 0.4324, 0.4073, 0.3911, 0.3910, 0.3953, 0.4053, 0.4225, 0.4403 0.4680, 0.4914, 0.5233, 0.5500, 0.5826, 0.6036, 0.6159, 0.6169
L ₋₂	0.6268, 0.6243, 0.6238, 0.6256, 0.6313, 0.6325, 0.6307, 0.6266 0.6182, 0.6096, 0.5952, 0.5833, 0.5652, 0.5528, 0.5370, 0.5267 0.5151, 0.5086, 0.5046, 0.5060, 0.5190, 0.5298, 0.5536, 0.5766 0.6237, 0.6369, 0.6310, 0.6091, 0.5478, 0.5145, 0.4747, 0.4511 0.4154, 0.4005, 0.3870, 0.3817, 0.3756, 0.3749, 0.3763, 0.3788 0.3833, 0.3875, 0.3948, 0.4011, 0.4119, 0.4197, 0.4317, 0.4415 0.4580, 0.4690, 0.4849, 0.4970, 0.5166, 0.5298, 0.5483, 0.5620 0.5828, 0.5956, 0.6109, 0.6200, 0.6295, 0.6337, 0.6353, 0.6337

Step 75

Layer	Valori dei nodi
L ₁	0.5393, 0.5799, 0.6414, 0.7159, 0.5390, 0.4837, 0.5104, 0.5438
L ₀	0.0000, 0.5636, 0.5779, 0.5704, 0.5951, 0.6916, 1.0000, 0.6758 0.5089, 0.4565, 0.4402, 0.4560, 0.4910, 0.5269, 0.5618, 0.5627
L ₋₁	0.5879, 0.5872, 0.5993, 0.5999, 0.5952, 0.5818, 0.5635, 0.5492 0.5456, 0.5519, 0.5918, 0.6377, 0.7374, 0.7301, 0.6111, 0.5433 0.4649, 0.4335, 0.4110, 0.4069, 0.4073, 0.4152, 0.4304, 0.4467 0.4721, 0.4938, 0.5229, 0.5466, 0.5747, 0.5917, 0.6009, 0.6009
L ₋₂	0.6078, 0.6056, 0.6050, 0.6066, 0.6117, 0.6132, 0.6127, 0.6103 0.6051, 0.5992, 0.5886, 0.5797, 0.5661, 0.5568, 0.5452, 0.5382 0.5321, 0.5293, 0.5308, 0.5364, 0.5550, 0.5695, 0.5971, 0.6216 0.6682, 0.6817, 0.6765, 0.6553, 0.5961, 0.5623, 0.5197, 0.4930 0.4525, 0.4338, 0.4155, 0.4069, 0.3968, 0.3937, 0.3924, 0.3933 0.3955, 0.3986, 0.4046, 0.4101, 0.4198, 0.4270, 0.4382, 0.4473 0.4626, 0.4729, 0.4877, 0.4990, 0.5169, 0.5288, 0.5453, 0.5573 0.5750, 0.5857, 0.5980, 0.6050, 0.6120, 0.6148, 0.6154, 0.6136

Step 85

Layer	Valori dei nodi
L ₁	0.5547, 0.6035, 0.6843, 0.7526, 0.5868, 0.5144, 0.5203, 0.5426
L ₀	0.0000, 0.5613, 0.5839, 0.5972, 0.6467, 0.7448, 1.0000, 0.7333 0.5756, 0.5113, 0.4780, 0.4817, 0.5019, 0.5257, 0.5477, 0.5472
L ₋₁	0.5566, 0.5578, 0.5711, 0.5762, 0.5814, 0.5804, 0.5806, 0.5833 0.6015, 0.6235, 0.6746, 0.7231, 0.8092, 0.8036, 0.7028, 0.6367 0.5540, 0.5122, 0.4760, 0.4611, 0.4495, 0.4502, 0.4575, 0.4683 0.4856, 0.5012, 0.5213, 0.5369, 0.5542, 0.5634, 0.5672, 0.5658
L ₋₂	0.5677, 0.5664, 0.5669, 0.5689, 0.5747, 0.5774, 0.5800, 0.5811 0.5825, 0.5820, 0.5802, 0.5785, 0.5767, 0.5755, 0.5757, 0.5777 0.5856, 0.5920, 0.6051, 0.6182, 0.6457, 0.6650, 0.6957, 0.7200 0.7616, 0.7741, 0.7703, 0.7519, 0.7008, 0.6693, 0.6266, 0.5974

Layer	Valori dei nodi
	0.5520, 0.5281, 0.5014, 0.4864, 0.4668, 0.4578, 0.4490, 0.4449 0.4400, 0.4391, 0.4403, 0.4428, 0.4481, 0.4527, 0.4604, 0.4669 0.4778, 0.4853, 0.4961, 0.5042, 0.5169, 0.5250, 0.5359, 0.5435 0.5544, 0.5605, 0.5671, 0.5705, 0.5734, 0.5742, 0.5735, 0.5719

Step 95

Layer	Valori dei nodi
L_1	0.5667, 0.6236, 0.7151, 0.7794, 0.6254, 0.5420, 0.5304, 0.5436
L_0	0.0000, 0.5653, 0.5953, 0.6218, 0.6845, 0.7795, 1.0000, 0.7720 0.6268, 0.5585, 0.5135, 0.5064, 0.5132, 0.5271, 0.5401, 0.5382
L_{-1}	0.5400, 0.5439, 0.5610, 0.5702, 0.5825, 0.5894, 0.6015, 0.6146 0.6449, 0.6738, 0.7270, 0.7733, 0.8488, 0.8444, 0.7575, 0.6973 0.6185, 0.5747, 0.5327, 0.5114, 0.4911, 0.4853, 0.4849, 0.4899 0.4991, 0.5088, 0.5215, 0.5315, 0.5420, 0.5472, 0.5486, 0.5469
L_{-2}	0.5468, 0.5464, 0.5485, 0.5517, 0.5597, 0.5640, 0.5694, 0.5729 0.5788, 0.5817, 0.5855, 0.5883, 0.5941, 0.5982, 0.6059, 0.6133 0.6290, 0.6400, 0.6584, 0.6742, 0.7038, 0.7235, 0.7532, 0.7756 0.8124, 0.8236, 0.8206, 0.8048, 0.7605, 0.7324, 0.6933, 0.6655 0.6216, 0.5973, 0.5688, 0.5516, 0.5279, 0.5158, 0.5024, 0.4947 0.4844, 0.4802, 0.4771, 0.4766, 0.4773, 0.4791, 0.4830, 0.4866 0.4929, 0.4976, 0.5045, 0.5098, 0.5180, 0.5233, 0.5303, 0.5350 0.5417, 0.5453, 0.5491, 0.5509, 0.5521, 0.5522, 0.5512, 0.5498

Step 120

Layer	Valori dei nodi
L_1	0.5991, 0.6666, 0.7650, 0.8229, 0.6940, 0.6001, 0.5614, 0.5599
L_0	0.0000, 0.5916, 0.6323, 0.6726, 0.7443, 0.8284, 1.0000, 0.8289 0.7107, 0.6447, 0.5873, 0.5630, 0.5465, 0.5437, 0.5432, 0.5392
L_{-1}	0.5331, 0.5440, 0.5705, 0.5874, 0.6101, 0.6269, 0.6519, 0.6750 0.7145, 0.7469, 0.7965, 0.8361, 0.8959, 0.8939, 0.8292, 0.7819 0.7169, 0.6771, 0.6344, 0.6080, 0.5775, 0.5621, 0.5485, 0.5423 0.5364, 0.5353, 0.5355, 0.5367, 0.5378, 0.5382, 0.5370, 0.5357
L_{-2}	0.5346, 0.5365, 0.5428, 0.5493, 0.5627, 0.5707, 0.5814, 0.5890 0.6015, 0.6091, 0.6198, 0.6280, 0.6421, 0.6516, 0.6665, 0.6787 0.7007, 0.7150, 0.7361, 0.7525, 0.7806, 0.7986, 0.8240, 0.8424 0.8718, 0.8811, 0.8796, 0.8682, 0.8353, 0.8139, 0.7833, 0.7607 0.7243, 0.7033, 0.6772, 0.6602, 0.6356, 0.6216, 0.6044, 0.5932 0.5764, 0.5677, 0.5579, 0.5524, 0.5450, 0.5415, 0.5378, 0.5359 0.5332, 0.5323, 0.5320, 0.5322, 0.5328, 0.5335, 0.5345, 0.5353 0.5363, 0.5368, 0.5372, 0.5372, 0.5367, 0.5363, 0.5356, 0.5351

Confronto mirato tra step 2 e step 5

Step	Tipo collegamento	Coppia	Indici globali	W_{ij}	W_{ji}	$ w_{ij} - w_{ji} $
2	vicini su L_0	$L_0:2 \leftrightarrow L_0:3$	$10 \leftrightarrow 11$	0.417735302854	0.406898436381	0.010836866474

Step	Tipo collegamento	Coppia	Indici globali	W_{ij}	W_{ji}	$ w_{ij} - w_{ji} $
2	vicini su L_1	$L_1:2 \leftrightarrow L_1:3$	$2 \leftrightarrow 3$	0.389932721466	0.356291488655	0.033641232811
2	radiale $L_1 - L_0$	$L_1:1 \leftrightarrow L_1:2$	$1 \leftrightarrow 10$	0.393250145180	0.435036023598	0.041785878419
2	radiale $L_1 - L_0$	$L_1:1 \leftrightarrow L_0:3$	$1 \leftrightarrow 11$	0.440970948991	0.429939804598	0.011031144393
5	vicini su L_0	$L_0:2 \leftrightarrow L_0:3$	$10 \leftrightarrow 11$	0.442850917055	0.442509405218	0.000341511837
5	vicini su L_1	$L_1:2 \leftrightarrow L_1:3$	$2 \leftrightarrow 3$	0.386979963653	0.385113350726	0.001866612927
5	radiale $L_1 - L_0$	$L_1:1 \leftrightarrow L_0:2$	$1 \leftrightarrow 10$	0.454653110492	0.455854883798	0.001201773307
5	Radiale $L_1 - L_0$	$L_1:1 \leftrightarrow L_0:3$	$1 \leftrightarrow 11$	0.447529901075	0.447205369926	0.000324531149

Collegamenti radiali $L_1 \leftrightarrow L_0$ allo step 5

La colonna $w (L_1 \rightarrow L_0)$ indica il verso dal nodo del layer L_1 al nodo del layer L_0 ; la colonna $w (L_0 \rightarrow L_1)$ indica il verso opposto.

L_1 locale	L_0 locale	Indici globali	$w (L_1 \rightarrow L_0)$	$w (L_0 \rightarrow L_1)$	Differenza assoluta
0	0	$0 \leftrightarrow 8$	0.575285784131	0.575363054873	0.000077270742
0	1	$0 \leftrightarrow 9$	0.522220831056	0.522078380059	0.000142450997
1	2	$1 \leftrightarrow 10$	0.454653110492	0.455854883798	0.001201773307
1	3	$1 \leftrightarrow 11$	0.447529901075	0.447205369926	0.000324531149
2	4	$2 \leftrightarrow 12$	0.411718738762	0.410986964266	0.000731774496
2	5	$2 \leftrightarrow 13$	0.399144272763	0.397546015754	0.001598257009
3	6	$3 \leftrightarrow 14$	0.140752202512	0.124341471137	0.016410731375
3	7	$3 \leftrightarrow 15$	0.361097791602	0.359925950186	0.001171841417
4	8	$4 \leftrightarrow 16$	0.396099998353	0.394227737522	0.001872260830
4	9	$4 \leftrightarrow 17$	0.403419404611	0.403612924448	0.000193519837
5	10	$5 \leftrightarrow 18$	0.427644173598	0.428514676948	0.000870503351
5	11	$5 \leftrightarrow 19$	0.430418899442	0.430998027576	0.000579128135
6	12	$6 \leftrightarrow 20$	0.435988977650	0.437135296471	0.001146318821
6	13	$6 \leftrightarrow 21$	0.434514775331	0.434062901667	0.000451873664
7	14	$7 \leftrightarrow 22$	0.475726343338	0.475564184493	0.000162158845
7	15	$7 \leftrightarrow 23$	0.503171234085	0.503160874759	0.000010359326

Sintesi numerica globale

Step	Asimmetria media $ w_{ij} - w_{ji} $	Asimmetria massima
0	0.132551129148	0.357074079441
2	0.019725854860	0.096001916809
5	0.001233598470	0.043356789244
120	0.000000000000	0.000000000000

Agli step bassi l'asimmetria è ancora presente. È più evidente allo step 2; allo step 5 risulta già molto ridotta, ma non è ancora completamente annullata. Al passo 120, nel ricalcolo corrente, la differenza risulta nulla entro la precisione numerica riportata.

Conclusione

Il materiale esposto presenta un'idea precisa: costruire una AI personale neurofrattale capace di muoversi tra logica, intuizione, simbolizzazione e interazione con l'utente, assumendo come modello guida una analogia strutturale fra universo, cervello e rete artificiale.

Il cuore del progetto non è l'automazione totale, ma la coevoluzione del soggetto con il proprio strumento cognitivo. La rete non deve soltanto rispondere: deve aiutare a pensare meglio, a comprimere la conoscenza per analogie, a conservare la flessibilità iniziale del ragionamento e a trasformarla gradualmente in forma via via più efficacemente organizzata.

In questa prospettiva il progetto si colloca come un'architettura operativamente computazionale e una proposta per un dispositivo personale. La sua originalità risiede proprio nel tenere insieme questi due piani.

Riferimenti di letteratura

- [1] Vazza, F., & Feletti, A. (2020). The Quantitative Comparison Between the Neuronal Network and the Cosmic Web. *Frontiers in Physics*, 8, 525731.
- [2] Mandelbrot, B. B. (1967). How Long Is the Coast of Britain? Statistical Self-Similarity and Fractional Dimension. *Science*, 156(3775), 636-638.
- [3] Brown, T. B. et al. (2020). Language Models are Few-Shot Learners. *NeurIPS*, 33, 1877-1901.
- [4] Hebb, D. O. (1949). *The Organization of Behavior: A Neuropsychological Theory*. Wiley.
- [5] Kohonen, T. (1982). Self-organized formation of topologically correct feature maps. *Biological Cybernetics*, 43, 59-69.
- [6] Snyder, H. S. (1947). Quantized Space-Time. *Physical Review*, 71, 38-41.
- [7] Schrodinger, E. (1935). Discussion of Probability Relations Between Separated Systems. *Proceedings of the Cambridge Philosophical Society*, 31, 555-563.
- [8] Hopfield, J. J. (1982). Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities. *PNAS*, 79(8), 2554-2558.
- [9] Rosenblatt, F. (1958). The perceptron: A probabilistic model for information storage and organization in the brain. *Psychological Review*, 65(6), 386-408.
- [10] Lorenz, E. N. (1963). Deterministic Nonperiodic Flow. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 20(2), 130-141.
- [11] Guth, A. H. (1981). Inflationary universe: A possible solution to the horizon and flatness problems. *Physical Review D*, 23, 347-356.
- [12] von Neumann, J. (1966). *Theory of Self-Reproducing Automata*. University of Illinois Press
- [13] **Kiselev, V.G., Hahn, K.R., Auer, D.P. (2003). *Is the brain cortex a fractal? Magnetic Resonance Imaging*, 21(9), 1325-1330.**

Diritto al compenso per la realizzazione riservato

Autori:

Abundo Ugo

Titolo:

Progetto di architettura neurale-frattale di AI personale: schema costruttivo e metodo di esercizio per eseguire ragionamenti quantistici su una rete neurale a componenti deterministici

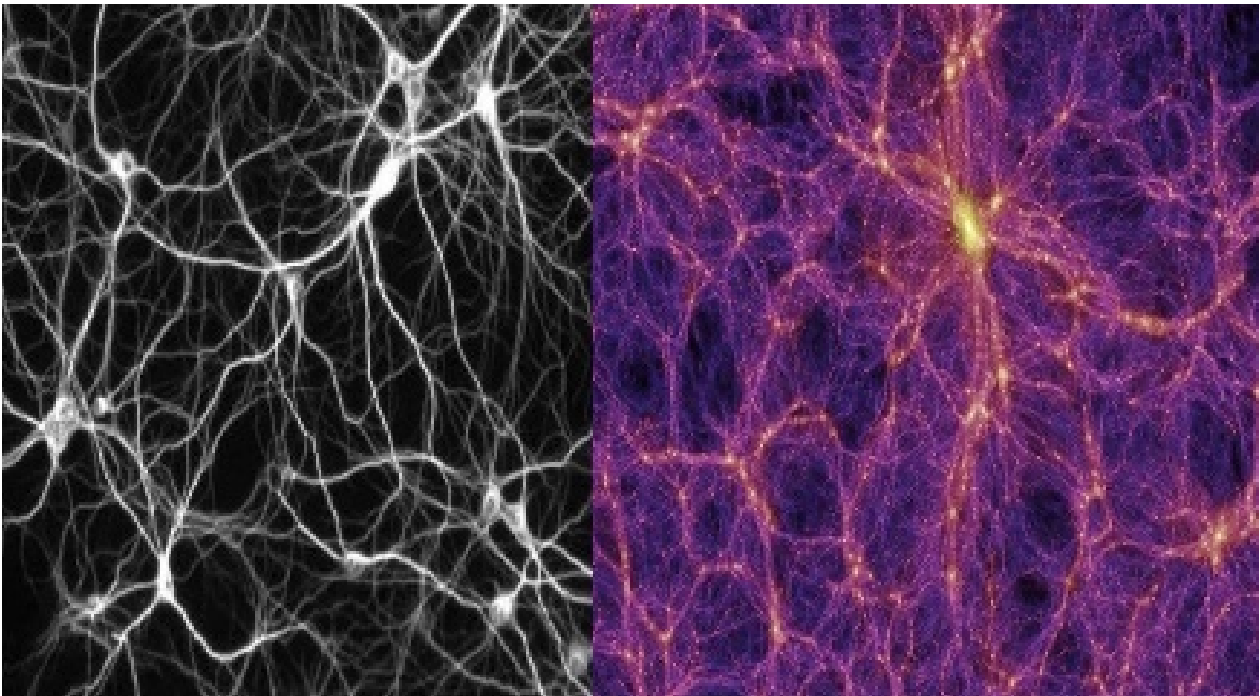
SCHEMI

Elenco delle figure allegate:

1. Comparazione tra la struttura neurale cerebrale e collegamenti “filamentosi” tra galassie nell’Universo
2. Fiore di Tarassaco: struttura gerarchica sferica in campo biologico
3. Schema di rete “neurofrattale”: a). e b).
4. Grafici dell’esempio semplificato di simulazione: a). b). e c).

Diritto al compenso per la realizzazione riservato

Figura 1. Comparazione tra la struttura neurale cerebrale e collegamenti “filamentosi” tra galassie nell’Universo



Diritto al compenso per la realizzazione riservato

Figura 2. Fiore di Tarassaco: struttura gerarchica sferica in campo biologico



Figura 3. Schema di rete “neurofrattale”

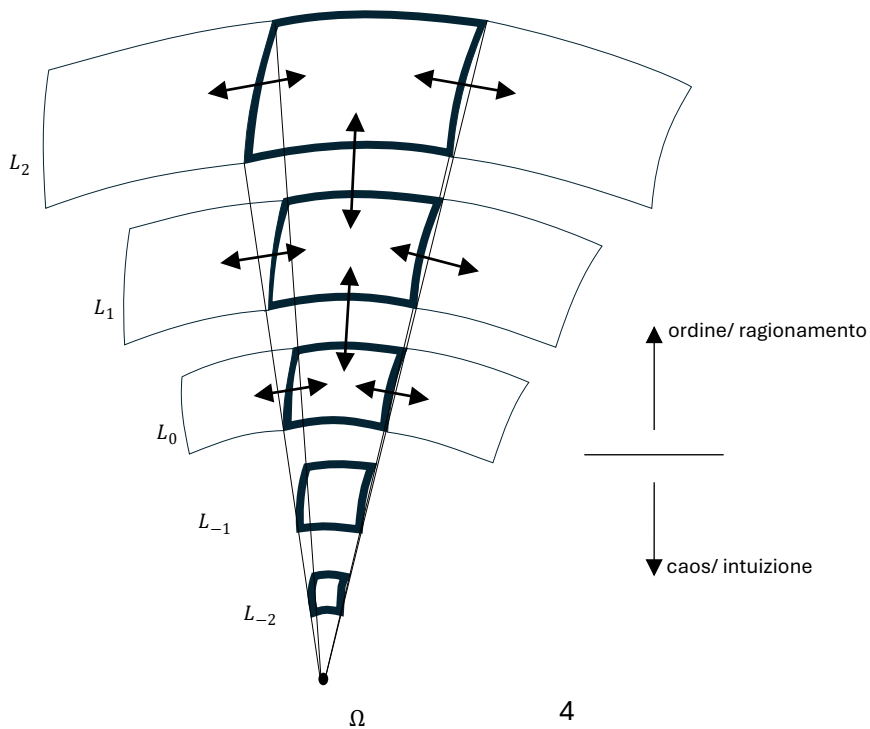
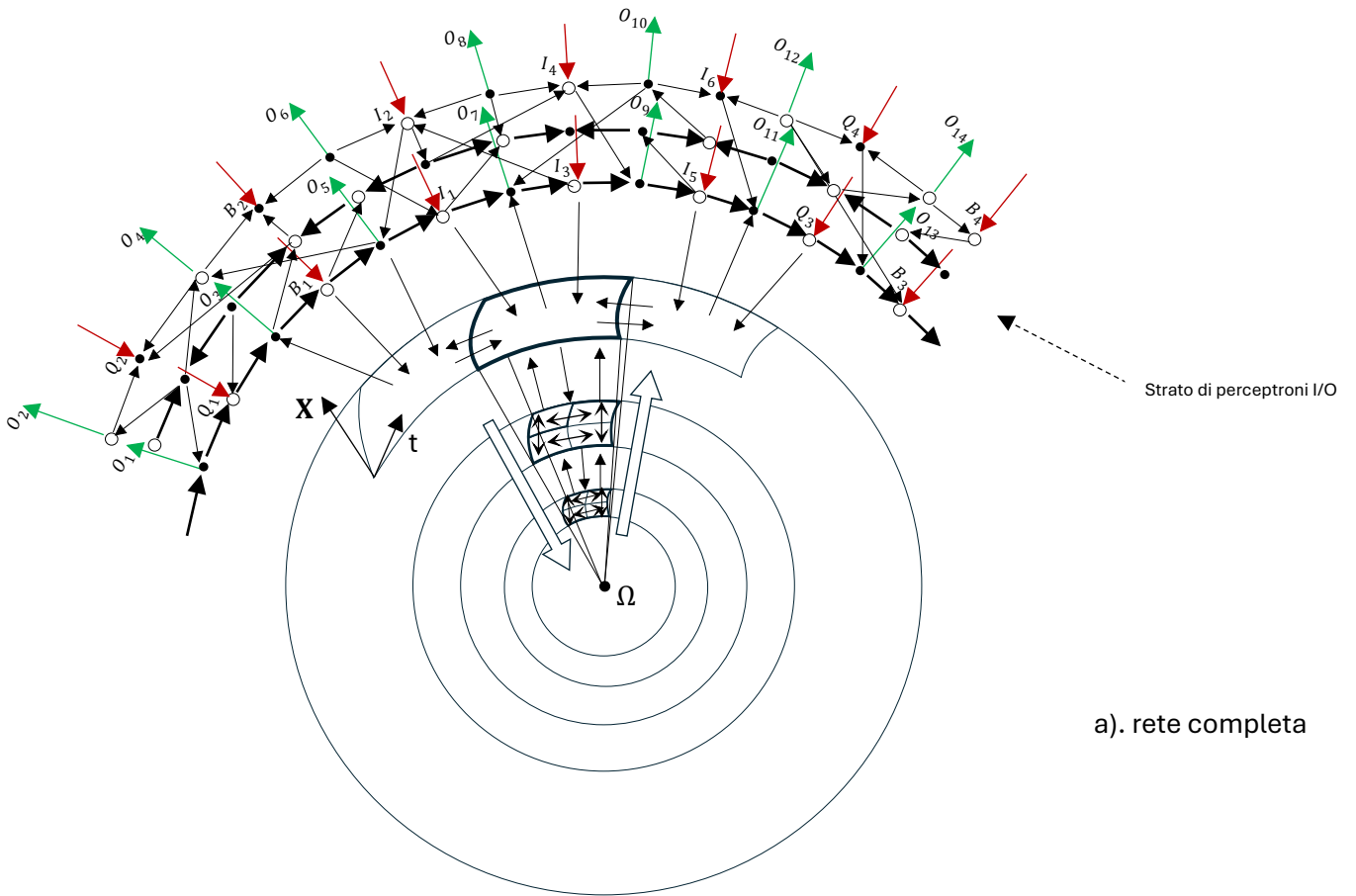
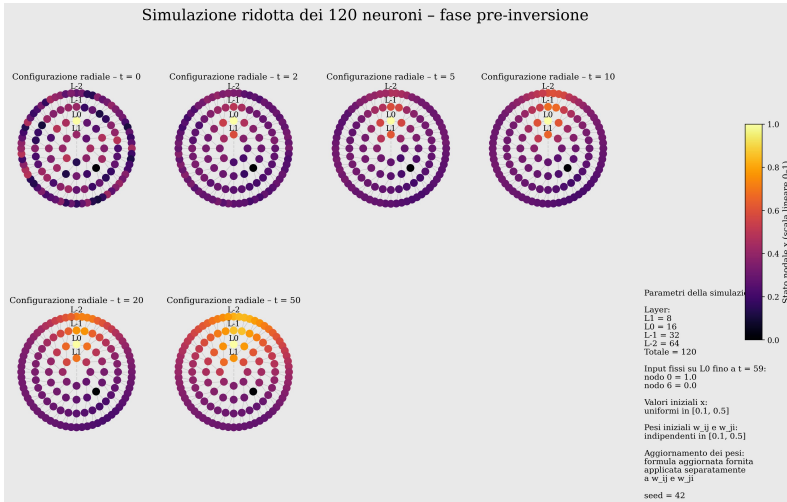
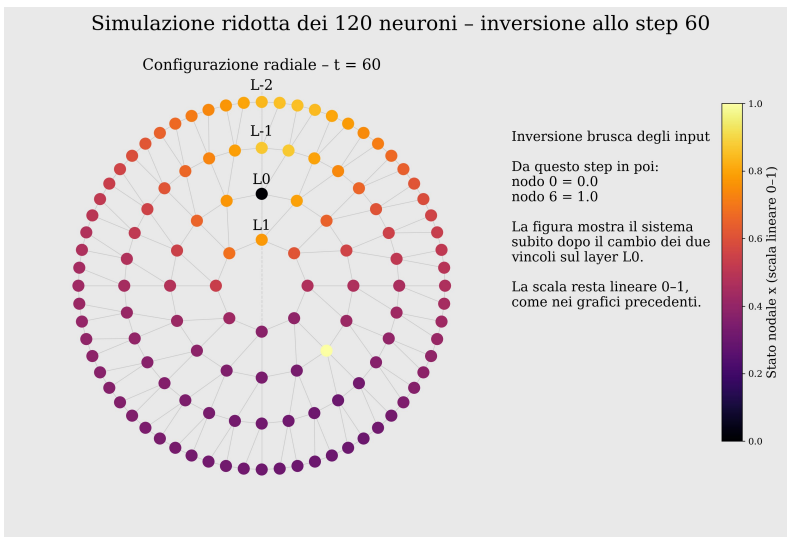


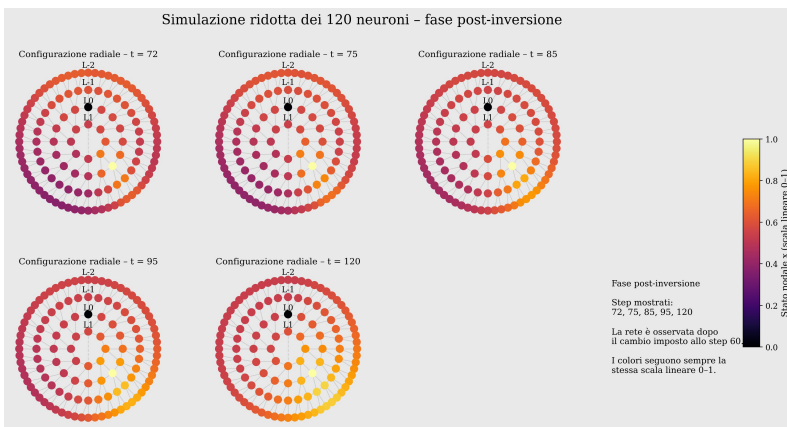
Figura 4. Grafici dell'esempio semplificato di simulazione



a). grafico della simulazione fase pre-inversione



b). grafico della simulazione inversione allo step 60



c). grafico della fase post-inversione