

Bio-intelligenza artificiale

Simulazioni di attività cerebrale

di Pier Stanislaò Paolucci



a.

Il sonno è un fenomeno cerebrale essenziale per l'apprendimento in tutte le specie viventi.

Quali sono i meccanismi fisici con cui il cervello percepisce, memorizza, decide e genera la coscienza di sé? È possibile creare sistemi artificiali capaci di prestazioni paragonabili a quelle delle bio-intelligenze, partendo dalla conoscenza dell'architettura e dei principi che governano il funzionamento del sistema nervoso?

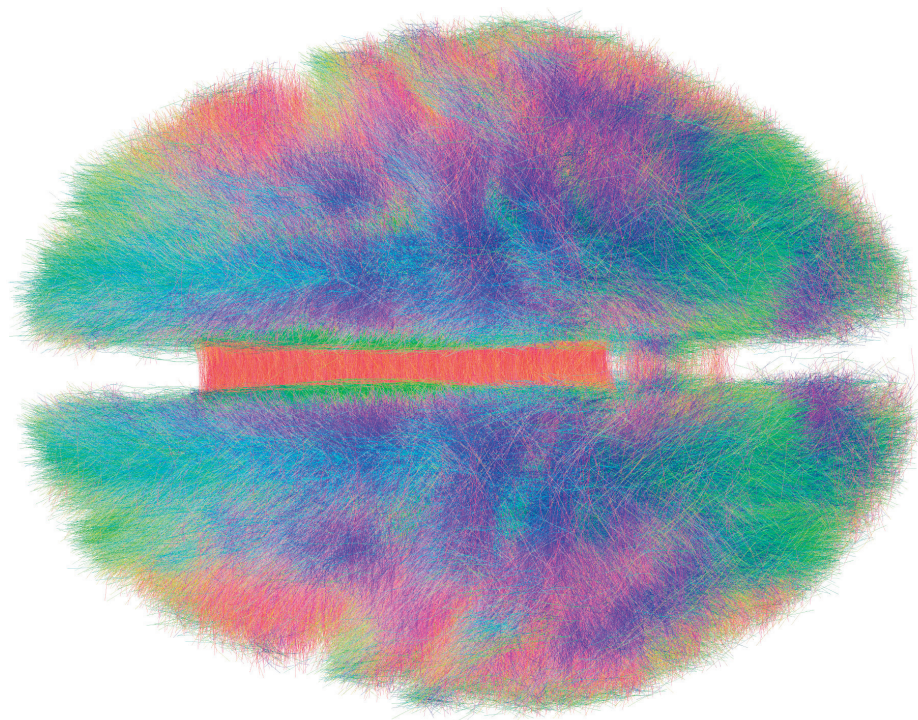
Intelligenza artificiale, robotica e macchine neuromorfe (cioè costruite incorporando meccanismi simili a quelli biologici) giocano un ruolo chiave nella rivoluzione tecnologica e industriale in atto, che avrà un radicale impatto sociale e profondi risvolti culturali. Alcuni esempi di applicazione di queste nuove tecnologie sono già apparsi, come i sistemi di riconoscimento del parlato e i prototipi di riconoscimento visivo per i sistemi di guida automatica. Inoltre, il costo legato alle patologie del sistema nervoso è stimato in circa 800 miliardi di euro per anno nella sola Europa, e quindi la comprensione della fisiologia e della patologia cerebrale

è di fondamentale importanza economica per i sistemi sanitari pubblici.

L'umanità s'interroga da sempre sui meccanismi che sostengono la percezione e il pensiero, ma l'applicazione di una metodologia scientifica a queste sfide è possibile solo ora, grazie alla combinazione d'innovative metodologie sperimentali e di nuovi paradigmi teorici. Si possono osservare in dettaglio la costituzione e l'attività del sistema nervoso: una moltitudine di dati immagazzinati e catalogati utilizzando computer paralleli (cioè con una molteplicità di processori che operano simultaneamente, vd. p. 20, ndr) che consentono anche di eseguire simulazioni per paragonare i modelli fisico-matematici con i dati sperimentali.

Per affrontare questi temi strategici, l'Unione Europea sta finanziando con circa cinquanta milioni di euro l'anno lo Human Brain Project (Hbp), che coinvolge attualmente più di 120 istituzioni di ricerca. Dal 2015, il laboratorio di calcolo

parallelo Ape dell'Infn è entrato in questo progetto alla guida di un esperimento denominato Wavescales, che combina metodologie sperimentali, teoriche e di simulazione. In particolare, Wavescales studia i ritmi cerebrali nei diversi stati cerebrali e la transizione tra sonno e veglia, e in particolare i meccanismi che rendono il sonno uno stadio cerebrale indispensabile. In effetti, nonostante si tratti di un comportamento pericoloso e apparentemente improduttivo, il sonno è un fenomeno essenziale presente in tutte le specie animali. Pericoloso, perché aumenta i rischi di predazione. Apparentemente improduttivo, perché sottrae energie ad attività di più evidente utilità come la ricerca di cibo o di un partner. Eppure, tutti gli esseri viventi dotati di un sistema nervoso dormono. La privazione di sonno danneggia la cognizione (e si tratta di una delle peggiori torture che possano essere inflitte). Viceversa, un buon sonno migliora le prestazioni intellettuali, l'apprendimento e la memoria. Quando si deve prendere una decisione importante si consiglia "dormici su, prima di decidere", e in effetti è conoscenza comune il fatto che al risveglio troviamo spesso pronta la soluzione di problemi irrisolti il giorno prima. E gli infanti, per i quali ogni avvenimento è nuovo e carico di informazioni importanti, passano la maggior parte del loro tempo a dormire, mentre viceversa un problema comune



b.
Il connettoma: una mappa sperimentale delle connessioni tra aree cerebrali. Un ingrediente essenziale per le future simulazioni dell'attività cerebrale umana su calcolatori paralleli. I colori rappresentano la direzione lungo cui agiscono le sinapsi.

negli anziani è l'insonnia. Un fatto notevole è che nel sonno le attività del cervello sono guidate dall'interno, non dall'ambiente, e questa disconnessione, in qualche modo simile agli stati meditativi, può consentire la creazione di nuove associazioni e soluzioni ai problemi, che sarebbe molto più difficile costruire mentre si è impegnati nelle attività quotidiane, distratti dalla decifrazione degli stimoli ambientali e dalla elaborazione di una reazione appropriata. In uno studio di recente pubblicazione (vd. link sul web), l'Infn fornisce un contributo rilevante alla comprensione del fenomeno, simulando in un modello talamo-corticale gli effetti benefici del sonno profondo sulle memorie apprese durante la veglia. Lo studio dimostra il funzionamento simultaneo di due processi che avvengono durante il sonno: il primo crea nuove associazioni, il secondo riequilibra la forza delle connessioni tra neuroni. Insieme, migliorano l'accuratezza con cui la corteccia cerebrale classificherà gli stimoli al successivo risveglio. Abbiamo ancora molto da imparare dalla bio-intelligenza, ma il meccanismo identificato dall'Infn avrà interessanti effetti di trasferimento tecnologico verso i futuri sistemi di intelligenza artificiale e robotica. Molteplici però sono le sfide scientifiche e tecnologiche da affrontare per ottenere sistemi artificiali con capacità cognitive realmente paragonabili a quelle umane. Per farci un'idea delle dimensioni di una simulazione cerebrale completa,

teniamo presente che il sistema nervoso umano contiene circa 100 miliardi di cellule specializzate (i neuroni). Ogni neurone è connesso a parecchie decine di migliaia di altri neuroni per mezzo di connessioni (sinapsi) che modificano la loro forza in una rete la cui struttura dipende dalla storia dell'individuo e dalla selezione naturale, evolutiva, vissuta dal cervello (individuale e della specie). In totale, un cervello contiene più di un milione di miliardi di sinapsi: un calcolatore con un elevatissimo grado di parallelismo. Inoltre, il cervello umano consuma poche decine di Watt, come una lampadina a basso consumo, mentre un computer di pari potenza computazionale richiederebbe una centrale elettrica dedicata: un ulteriore elemento che suggerisce i vantaggi di macchine neuromorfe per eseguire applicazioni di

bio-intelligenza artificiale. Ma l'aspetto scientificamente più rivoluzionario è la creazione di nuovi schemi epistemologici che superano in un modo controllato, nello studio dei sistemi cerebrali, la tradizionale netta separazione tra osservatore umano e sistema fisico osservato. Si parte invece dall'assioma che la coscienza e la percezione esistano, e che gli altri esseri umani (e i mammiferi) condividano con noi questo tipo di percezioni. Si combinano, utilizzando metodi statistici, le osservazioni sperimentali quantitative con i report soggettivi delle percezioni e pensieri elaborati da una molteplicità di soggetti e si tenta di riprodurre il fenomeno in simulazioni quantitative di un sistema complesso. Una metodologia che richiede il contributo della fisica sperimentale e teorica.

Biografia

Pier Stanislao Paolucci coordina dal 2015 l'esperimento Wavescales nello Human Brain Project. È tornato all'Infn nel 2010 dopo un periodo dedicato al trasferimento tecnologico, in cui è stato fondatore e Cto di un centro di progettazione leader mondiale nella produzione di micro-processori. Paolucci ha iniziato la sua attività di ricerca nel gruppo di calcolo parallelo Ape dell'Infn nel 1984 ed è autore di brevetti internazionali sulle architetture di processori e di algoritmi internazionalmente utilizzati.

Link sul web:

<https://www.nature.com/articles/s41598-019-45525-0>

<http://home.infn.it/it/comunicati-stampa/comunicati-stampa-2015/1648-il-progetto-wavescales-guidato-dall-infn-entra-nello-human-brain-project>

DOI: 10.23801/asimmetrie.2019.27.9