

TESTO DI
GIANLUCA DOTTI



LO SCAMBIO

LE SCOPERTE
DELLA NEUROLOGIA

SU COME FUNZIONA IL NOSTRO ENCEFALO MIGLIORANO
IL LAVORO SULL'INTELLIGENZA ARTIFICIALE. E VICEVERSA

ART
VIKTOR KOEN



Se l'obiettivo è sviluppare un'intelligenza artificiale capace di emulare in maniera accurata i meccanismi del cervello umano, capire bene come funzionino le reti neurali cerebrali è un primo passo imprescindibile. Con un traguardo ambizioso: produrre algoritmi che abbiano potenzialità cognitive paragonabili (o addirittura superiori) alle nostre, e che riescano per esempio a ricavare da un'immagine le medesime informazioni che ne trarrebbe una persona. Tutto ciò implica di identificare analogie tra i processi di apprendimento delle reti neurali biologiche e di quelle artificiali, così da migliorare la capacità dell'IA di imparare, adattarsi e risolvere problemi in maniera simile a un cervello umano. Ma, come evidenziano recenti studi scientifici, è valido anche il processo inverso: l'utilizzo di software e il tentativo di replicare digitalmente il funzionamento delle reti neuronali ci sta aiutando a mappare e a capire più a fondo la nostra mente. Insomma, un *do ut des* tra biologia e tecnologia, una simbiosi dalle potenzialità strabilianti.

UNA MAPPA FUNZIONALE

Quello che sta nascendo in questi anni, tra biologia e tecnologia, è un rapporto sorprendentemente simbiotico e in gran parte ancora da esplorare. Tutto è cominciato con un'idea semplice, ma allo stesso tempo complessissima: realizzare una replica artificiale del nostro cervello, capace di riprodurre accuratamente neuroni, connessioni e meccanismi. Siamo ancora molto lontani dal riuscirci, e i problemi da risolvere restano tantissimi, ma a volte il viaggio vale più della meta e in questo viaggio quello che doveva essere un trasferimento a senso unico di nozioni a proposito del nostro cervello verso le reti neurali digitali è diventato uno scambio fruttuoso, perché i sistemi digitali che stiamo realizzando, in coppia con i software di intelligenza artificiale, ci stanno a loro volta portando a capire molto meglio come funziona la nostra mente.

«Il cervello ha molte componenti. Una delle cose più interessanti è comprendere i modi molto specifici in cui i neuroni si connettono tra di loro per trasmettere le informazioni, ossia per formare quella che noi chiamiamo rete neurale», spiega Viren Jain, ricercatore senior a Google Research, dove è a capo del gruppo Connectomics, che si occupa, secondo le sue stesse parole, di «registrare come i neuroni comunicano tra loro, per ricavarne una mappa che possa aiutarci a capire come il cervello renda possibile vedere, sentire, pensare, parlare, muoverci e tutto il resto».

IL CASO DELLA VISTA

Vedere, sentire e parlare sono tutti processi di una complessità incredibile. Prendiamo il sistema visivo: identificare colori e forme, individuare la posizione di un oggetto, riuscire a estrarre informazioni sensate da un'immagine che contiene molti elementi sono solo alcuni dei compiti cognitivi che il nostro cervello svolge istantaneamente e di continuo. «Esiste una relazione stretta tra visione artificiale e visione naturale», racconta Davide Zoccolan, docente di neurofisiologia, direttore del Laboratorio di neuroscienze visive e coordinatore del dipartimento di neuroscienze alla Sissa, la Scuola internazionale superiore di studi avanzati di Trieste. «Il compito di estrarre un contenuto specifico da un'immagine in movimento è un processo estremamente arduo dal punto di vista computazionale: per questo, quello che noi riusciamo a fare quotidianamente guardando il mondo è una vera e propria magia. E, anche per questo, fino al 2012 non esistevano sistemi artificiali di visione che fossero lontanamente comparabili a quelli biologici».

Come funziona, in breve, il nostro sistema visivo? Prima di tutto, è costituito da una struttura gerarchica: esistono aree cerebrali di vari livelli, dalle più basse (che ricevono l'informazione dalla retina) fino alle più alte, situate nella zona temporale. Durante il flusso unidirezionale attraverso questi strati, l'informazione visiva viene rielaborata e riformattata, eliminando i dati ritenuti inutili e

148

149

valorizzandone altri. Il risultato finale è un'immagine sempre più astratta e lontana dalla realtà, che viene validata anche attraverso i ricordi e le altre informazioni già presenti a livello cerebrale. «Con il diffondersi dei sistemi di IA, sono stati prodotti modelli in grado di categorizzare le immagini e produrre informazione con un meccanismo simile a quello biologico», continua Zoccolan. «Anche in questo caso, l'informazione procede in un solo senso: partendo dall'immagine iniziale in pixel, alcune unità artificiali simili a neuroni elaborano frammenti delle immagini e le inviano agli stadi successivi. In questo modo, anche le reti artificiali stanno diventando sempre più efficienti nell'estrarre informazioni specifiche da un'immagine reale».

Questo genere di studi, però, rappresenta solo una parte del lavoro. «Il cervello è un sistema distribuito: per esempio, ogni neurone può potenzialmente influenzarne molti altri, anche molto lontani. Per questo studiare le singole parti del cervello come se fossero isolate le une dalle altre non potrà mai darci una comprensione completa del suo funzionamento complessivo», spiega Viran Jain. Per accedere a questo livello c'è bisogno di analizzare e interpretare una quantità enorme di dati ed è qui che in soccorso dei ricercatori arriva l'IA, come lo stesso Jain ha evidenziato in un lungo articolo pubblicato lo scorso novembre su *Nature* e intitolato *How AI could lead to a better understanding of the brain* (come l'IA può portare a una migliore comprensione del cervello). L'IA interviene non solo automatizzando il processo, ma anche individuando correlazioni tra le diverse informazioni che abbiamo a disposizione e trovando a volte collegamenti tra discipline differenti o tra ricerche scientifiche sviluppate in contesti molto distanti.

CHE COSA CI INSEGNA LA MENTE DEGLI ANIMALI

La connettomica (lo studio dei connettomi, ovvero l'insieme delle connessioni neurali del cervello umano) ha già dato buoni risultati negli studi sugli animali, a partire dai più semplici. Il primo tentativo di mappare un cervello animale, durato 15 anni, ha riguardato il *Caenorhabditis elegans*, un piccolo verme delle regioni temperate spesso usato come modello nella ricerca. Grazie agli sviluppi nell'*imaging* e nei sistemi automatici di sezionatura, si è arrivati a completarne la mappatura del connettoma nel 2013, seguita da quella del moscerino della frutta *Drosophila melanogaster*, il cui cervello contiene circa 150mila neuroni. In questo modo è stato possibile identificare, tra le altre cose, quali sono i meccanismi alla base dei comportamenti aggressivi di questi insetti e a ricostruire come riescono a orientarsi e a decidere in quale direzione muoversi. Mentre per il pesce zebra (*Danio rerio*, che possiede circa 100mila neuroni) si è arrivati a capire come classifica gli odori e gestisce i movimenti oculari.

Oggi si sta lavorando sui topi, ma dato che sono dotati di un cervello mille volte più grande di quello del moscerino, gli scienziati danno per improbabile che si arrivi al traguardo prima di un decennio. In questo caso, in parallelo con la connettomica, si sta lavorando sulla registrazione dell'attività neurale di ciascuna singola cellula nervosa dell'animale, resa possibile da nuove tecniche di microscopia, e si ritiene che per capire davvero a fondo i meccanismi cerebrali sarà necessario guardare persino oltre i neuroni, includendo le cellule gliali che supportano i neuroni e che ricoprono un ruolo non secondario nel flusso delle informazioni.

Che la mappatura del connettoma potrebbe non essere un metodo sufficiente per comprendere davvero quel che accade nei sistemi biologici reali lo ha dimostrato lo studio condotto negli anni Novanta sul ganglio stomatogastrico del granchio *Cancer borealis*, una struttura costituita da una trentina di neuroni che governa i movimenti dello stomaco dell'animale. È in quel caso che si è scoperto che anche minimi cambiamenti biochimici, come l'introduzione di un neuromodulatore che alterava le sinapsi, modificavano drasticamente il comportamento del sistema, suggerendo che ci fossero altri elementi da tenere in considerazione oltre alla mappatura del connettoma.

Quello che doveva essere un trasferimento a senso unico di nozioni sul nostro cervello verso le reti neurali digitali è diventato uno scambio fruttuoso, perché i sistemi che stiamo realizzando, in coppia con i software di IA, ci stanno a loro volta portando a capire meglio come funziona la mente

WIRED 108

150

PRIMAVERA 2024

TITOLO NUMERO

CAPITOLLO 4

151

LOBO TEMPORALE

«Finora siamo stati in grado di mappare del tutto o in parte le connessioni nei cervelli di piccoli animali, come mosche, pesci e topi. Per comprendere organismi più grandi, come gli esseri umani, ci sono ancora enormi sfide tecniche e tecnologiche che i neuroscienziati devono risolvere», ricorda Jain. «È qui che i ricercatori, inclusi quelli di Google Research, in collaborazione con partner accademici in tutto il mondo, stanno concentrando ora le loro attività».

SENZA SUPERVISIONE

Ed è qui che arriva l'apprendimento automatico: a partire dai dati disponibili, gli algoritmi potrebbero essere addestrati a sviluppare modelli coerenti con le reti neurali naturali. Come farlo? «Di recente, una convergenza tra il mondo delle neuroscienze e il *machine learning* ha portato grande interesse di ricerca sull'apprendimento non supervisionato (*unsupervised learning*)», ha scritto Zoccolan insieme ad alcuni colleghi in uno studio sulle rappresentazioni visive pubblicato all'inizio di quest'anno sulla rivista scientifica *Current Opinion in Neurobiology*. «I sistemi che processano le informazioni ricavate dai sensori riescono a riconoscere le caratteristiche statistiche degli input che ricevono, senza la necessità di essere addestrati». Questa scoperta ha aperto nuovi filoni di indagine sull'influenza che l'esperienza sensoriale esercita sulla capacità di auto-organizzazione neurale, oltre che sulle sue basi a livello sinaptico.

Ma l'idea che l'apprendimento non supervisionato giochi un ruolo importante nello sviluppo del cervello anche nei cosiddetti periodi critici (quelli in cui, specialmente da bambini, si acquisiscono il linguaggio e le altre abilità cognitive) sta attraversando diversi gruppi di studio. Molti ritengono che l'autoapprendimento potrebbe essere una caratteristica intrinseca dei sistemi biologici e questo spinge altri ricercatori, nel campo dell'intelligenza artificiale, a confidare nel fatto che algoritmi dotati di poche conoscenze biologiche, ma di un gran numero di parametri da ottimizzare, possano apprendere (o dedurre) da sé tutto il necessario. Perché tutto quello che impariamo dalla biologia va ad arricchire il digitale. E viceversa.

● **GIANLUCA DOTTI** Giornalista con una laurea in Fisica della materia, si occupa di scienza e tecnologia, oltre che per *Wired*, collaborando, tra gli altri, con *Forbes Italia*, *Business Insider Italia*, Mediaset, *Radio 24*, Festival della Comunicazione. ●