

Reti neurali artificiali

Cosa sono e perché è utile saperlo

Introduzione

L'avvento dell'*Intelligenza Artificiale* è stato, senza ombra di dubbio, una tra le meteore più improvvise e trasformative del XXI secolo. Che questa sia una brillante scia da seguire, oppure che possa risultare in un impatto catastrofico, è tutt'ora oggetto di questioni e controversie ma, proprio al fine di sottrarsi da queste, trovo che sia di estrema importanza acquisire maggior consapevolezza verso questa tanto nominata *scatola nera*. Ciononostante, le chance che il lettore abbia avuto un contatto diretto con questa tecnologia e che abbia, almeno una volta, *promptato* il seguente comando

“... . Rendi questo testo più breve.”

in un qualche famoso *Large Language Model*, sono piuttosto elevate e per questo credo che il contesto generale non necessiti di ulteriori presentazioni.

Un'idea comunemente di pari passo all'IA, con quest'ultima spesso chiara nella nostra mente, è quella di reti neurali artificiali (o semplicemente reti neurali) e ciononostante queste due vengano spesso associate o addirittura *sinonimizzate*, non è veramente chiara la differenza. Allora, che cosa sono le reti neurali? A che cosa servono? Sono i quesiti a cui tenteremo di far luce in questo breve testo. Il passo zero è comprendere che questi due concetti non sono tra loro paralleli, né concettualmente né temporalmente, ma piuttosto una conveniente intersezione tecnica. L'IA è un termine di grande generalità che comprende un ampio ventaglio di tecniche e modelli matematici, talvolta con origini antiche, orientati all'ambito dell'ottimizzazione matematica. Pensate alla regressione, che pionierizzò i modelli predittivi: nei primi anni dell'Ottocento era ancora neonata. Le reti neurali, invece, sono più recenti rispetto all'IA, sebbene il primissimo studio su di esse, *A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity* (*W.S. McCulloch, W. Pitts*), risale all'ormai lontano 1943. In prima battuta, possono essere descritte come strumenti a supporto dei modelli più avanzati dell'IA, i quali danno vita a un campo di ricerca specifico noto come *apprendimento profondo*. Indagheremo in seguito il significato di tale denominazione.

L'espressione sul volto dei professionisti, anche della sfera accademica, alla domanda “Che cos’è una rete neurale?” è, molto spesso, identica a quella che avrebbero fatto se avessimo puntato dritto verso di loro una torcia LED da 10000 Lumen. A parte gli scherzi, non è affatto facile comunicare, mantenendo rigosità ed onestà intellettuale verso l’interlocutore non tecnico, una spiegazione efficace ed al contempo semplificata sulle *Neural Networks*. Al fine di mettere un punto, credo che questa difficoltà sia spesso dovuta alla ingenua, ma benigna confusione tra semplificazione e pragmatismo: ricorrere ad esempi di quotidianità (come *ChatGPT* di *OpenAI*) a tale scopo potrebbe spostare i riflettori su argomenti eccessivamente di alto livello, intesi come troppo costruiti su loro stessi, dunque a spiegazioni involute e infruttuose. Per tale motivo, scenderemo le scale di questa architettura, ed esamineremo dapprima le fondamenta.

Black Box

Innanzitutto, è essenziale introdurre o rispolverare il concetto di *funzione*, nella sua accezione più innocente e pura. Per quanto ci riguarda, una funzione rappresenta una relazione tra due oggetti: uno è l’ingresso (o *input*) e l’altro è l’uscita (o *output*), niente di meno che il risultato di una trasformazione dell’ingresso. In altre parole, una funzione può essere assimilata ad una scatola che contiene alcuni ingranaggi: il modo in cui questi sono configurati determina la trasformazione. Questa potrebbe assumere le sembianze di una lavastoviglie, che riceve in entrata dei piatti sporchi di ragù e restituisce i medesimi piatti ma puliti. Identico il discorso per una lavatrice, una macchinetta per il caffè, un frullatore, un motore elettrico, oppure il nostro stesso metabolismo. La nozione chiave è che tutte queste *scatole* sono perfettamente determinate e determinabili, cioè sappiamo a priori come sono disposti i loro ingranaggi perchè ne possiamo sbirciare l’interno. Quindi le trasformazioni sono prevedibili e, dato un ingresso, l’uscita sarà matematicamente quella che ci si aspetta. Una rete neurale, invece, sebbene in ultima analisi si comporti in ugual modo ad una funzione (si cerca un output a partire da un input), possiede una scatola opaca e non è possibile osservare come sono disposti gli ingranaggi. È impensabile atteggiarsi ad essa con propositi di determinismo, ed ecco perchè il concetto di scatola nera (o *black box*) calza straordinariamente.

Ditto

A questo punto, potrebbe lecitamente affiorare un dubbio che forse echeggia più di critica o addirittura rimprovero. Perché mai, assodato quanto detto, le reti neurali dovrebbero venir impiegate? Risulta imprescindibile approfondire il contesto in cui vengono adoperate, quello dell’*inferenza* e delle *predizioni*. Concorderete che un caso di eccezionale interesse è quello in cui si è a disposizione di alcuni dati di cui è tuttavia ignota la relazione che li lega. Per chiarezza, con *alcuni dati* si intende un campione di oggetti, dei quali per ogni input si conosce il corrispondente output. Ad esempio, supponiamo di avere informazioni sulle caratteristiche degli appartamenti in affitto a Milano, come la superficie, il numero di stanze e l’anno in cui l’inserzione è stata pubblicata. Inoltre, conosciamo

anche il prezzo corrispondente di ciascun appartamento e, comprensibilmente, desideriamo *prevedere* il prezzo degli affitti per l'anno a venire. Non abbiamo in tasca una mappa che descriva esattamente l'andamento cercato: ciò nondimeno possiamo impiegare una rete neurale che, per com'è progettata, è in grado di *approssimarla*. Così facendo, potremo *stimare* i prezzi futuri e, probabilmente, anche restare piuttosto amareggiati. A seguito di quest'ultimo esempio, possiamo facilmente evincere come la stima (e la sua accuratezza) siano fortemente intrecciate con la quantità, ma soprattutto la qualità, dei dati forniti allo strumento. Dunque, in un certo senso, l'interno della scatola nera che definisce una rete neurale può essere paragonata ad un *Ditto* del famosissimo franchise dei *Pokémon*, che adatta la propria sembianza in modo più o meno conveniente a seconda dell'ambiente in cui è collocato se, per l'appunto, tale ambiente fossero i dati con cui la scatola ha occasione di interagire. Per chiarire ulteriormente e, soprattutto, se tristemente non foste familiari con i Ditto, possiamo immaginare una rete neurale come uno dei nostri fedeli elettrodomestici: questa potrebbe fungere sia da lavastoviglie che da lavatrice, a seconda di cosa le *diamo in pasto (to feed)*, rispettivamente dei piatti sporchi o degli indumenti macchiati. Tuttavia, per quanto un tale aggeggio possa essere assai pratico, dobbiamo accettare il fatto che esso non sarà mai tanto efficace quanto una vera lavastoviglie nel lucidare i piatti o una vera lavatrice nello smacchiare i vestiti.

Unboxing

Ora che abbiamo scrutato la famigerata scatola nera dall'esterno, ci cimenteremo finalmente in un *unboxing*. Sebbene non ci sia modo di trarre conclusioni non tanto dagli ingranaggi stessi, quanto dalla loro disposizione a causa della sua natura mutevole, rimane comunque concepibile estrarne uno ad uno ed analizzarli sia singolarmente che comparativamente. Ne peschiamo uno: tale ingranaggio, nonché l'unità fondamentale della struttura neurale, è il cosiddetto neurone artificiale. Come la versione biologica, è dotato di alcuni recettori in grado di captare informazione, i quali convergono in un nucleo centrale. Quest'ultimo ha il compito di aggregare e per di più elaborare quanto recepito. L'informazione digerita è poi libera di fluire attraverso altri canali, comprensibilmente allacciati con altre unità, per la ritrasmissione. Ne peschiamo un secondo e, tenendoli entrambi in mano, ci accorgiamo che il peso dei due varia sostanzialmente; così decidiamo di pescarne un terzo, un quarto, e via discorrendo: pesano tutti in modo diverso. Il peso di una cellula, più precisamente delle sue connessioni, influisce sul suo grado di attivazione nel funzionamento della rete ed è una proprietà tutt'altro che statica. In particolare, ripristinando un'ottica d'insieme, una Neural Network dev'essere necessariamente sottoposta ad un processo di ponderazione dei neuroni costituenti prima di poter essere impiegata per la predizione. Tale fase viene detta *allenamento (o training)* e consiste nell'iterativo raffinamento dei pesi in relazione ai dati forniti grazie ad algoritmi di ottimizzazione costruiti ad-hoc. In linea di massima, durante l'allenamento la rete neurale scorre le coppie di dati nel

campione e, ingerito un input, a seconda del fatto che la sua stima¹ si avvicini oppure si allontani dall'output corrispondente, i pesi vengono individualmente aggiustati. Ormai, non dovrebbe stupire il fatto che proprio questo meccanismo caratteristico, l'esigenza di un allenamento che modella l'interno della scatola, è il motivo per cui si parla di algoritmi di *apprendimento*.

Profondità

Il concetto di *profondità*, invece, deriva piuttosto dalla topologia² dell'architettura neurale. Il modo in cui i neuroni artificiali sono tra loro intrecciati è piuttosto scostante rispetto all'originale biologico, e tende a seguire delle configurazioni di principio che si sviluppano in strati. Possiamo ben intuire come il primo e l'ultimo di questi strati siano dedicati all'assimilazione dell'input e dell'output, ed il numero di unità che li qualifica combacia con la dimensionalità dell'informazione. Tornando all'esempio degli affitti, una rete neurale appositamente avrebbe nel suo strato iniziale tre neuroni (superficie, numero di stanze, anno dell'inserzione), mentre nell'ultimo uno soltanto (prezzo). In mezzo è possibile, ma non obbligatorio, collocare uno o più *strati nascosti* (o *hidden layers*) che aumentano la capacità del modello al costo di introdurre ulteriore complessità. Questa volta, la loro estensione non è predefinita: piuttosto, segue alcune regole del pollice. Abbiamo accennato come i collegamenti sinaptici naturali non siano veramente congeniali all'esemplificazione, per questo ricorremo ad una metafora differente per cercare di comprendere le interazioni *inter-strato*. Anche se non sono propriamente un amante del gioco del calcio (e chi mi conosce lo sa bene), lo trovo davvero eccezionale per descrivere il viaggio dell'informazione tra gli strati in una rete neurale. Immaginiamo una partita: i giocatori sono raggruppati in base ad un ruolo come la difesa, il centrocampo o l'attacco e si dispongono in una formazione. Quando il calciatore riceve la palla, questo compie lavoro, magari avanzando oppure scartando gli avversari, per poi passarla ad un compagno idealmente *più avanti* nel campo, ergo facente parte di un'altra linea (ad esempio, dalla difesa al centrocampo). Questo schema si ripete finché, solitamente, un attaccante non fa goal. Allo stesso modo, un neurone in un determinato strato effettua calcoli, elabora l'informazione e la trasmette in avanti. Le unità dello strato successivo a cui l'informazione arriva (quindi i compagni a cui un calciatore può passare la palla) sanciscono complessivamente il raccordo tra i vari strati. Ancor più divertente è il fatto che in una partita di calcio, ogni tanto, un passaggio verso una linea posteriore (e quindi *all'indietro*) è congeniale ad una sorta di ricomposizione dell'azione in atto, ad un miglioramento di una linea di gioco, e questo è analogo a ciò che accade durante la *retropropagazione dell'errore*³.

¹ Anche durante l'allenamento una rete neurale effettua stime allo scopo di aggiornarsi, piuttosto che di compiere predizioni (queste si effettuano soltanto dopo il training).

² Da non confondersi con la disposizione degli ingranaggi.

³ Il prima accennato algoritmo ad-hoc utilizzato per aggiustare i pesi in una rete neurale.

Conclusione

Il contesto odierno è, senza ombra di dubbio, un contesto tecnocratico. Per questo, ribadisco quanto sia fondamentale aver cognizione di quegli strumenti che, allo stato attuale, sono tanto influenti nella nostra quotidianità quanto in essa dissimulati. Il potere predittivo dei modelli che si servono di reti neurali può raggiungere precisioni che hanno dello sbalorditivo ma anche dello spaventevole, rimandandoci inevitabilmente alle responsabilità associate alla loro progettazione, emissione e, soprattutto, consumo. Segnatamente, dovremmo aver compreso quanto la capacità di un modello sia avvinghiata ai dati forniti e possiamo intuire che questo faccia di essi il vero *oro nero* della nostra epoca. È verso i dati che la nostra attenzione deve virare. A parte ciò, lo scopo principale di questo scritto non è solo quello di suscitare un senso di cautela nel lettore, quanto soprattutto di rendere conto del genio celato di alcuni artifici, gli stessi che hanno condotto per mano *J. Hopfield* e *G. Hinton* al Nobel e gli stessi che, per qualche motivo, riecheggiano sempre di più tutt'altro che l'artificiale.