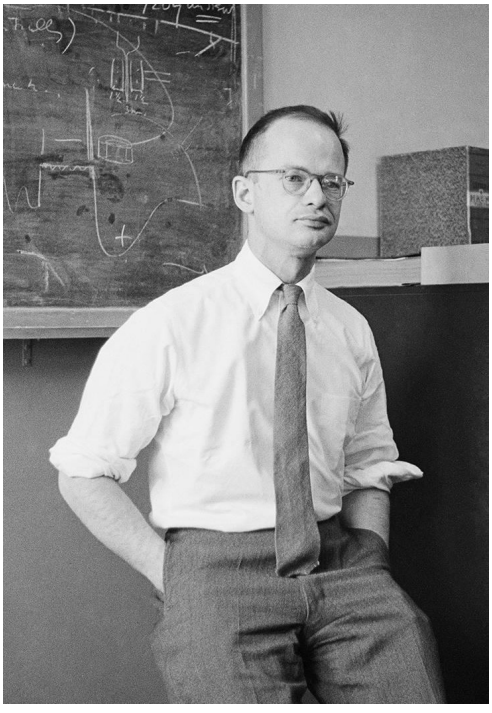
L'intelligenza artificiale e la matematica

Senza matematica, l'IA non potrebbe esistere

Siamo nel 1935 a Detroit, una delle città più popolose degli Stati Uniti settentrionali. In un caldo pomeriggio estivo, un dodicenne corre a perdifiato, inseguito da un gruppo di ragazzi malintenzionati, ma fortunatamente riesce a seminarli, nascondendosi all'interno di un una biblioteca. Si nasconde così bene, che neppure il bibliotecario si accorge di lui. Il ragazzino, evidentemente non troppo preoccupato, trascorre la notte leggendo. Prende da un ripiano i *Principia Mathematica* di Bertrand Russell e Alfred North Whitehead e la lettura del primo volume è così appassionante che continua per tre giorni consecutivi. Il ragazzino, di nome **Walter Pitts**, decide di scrivere una lettera a Russell, alla quale, l'autorevole filosofo e matematico risponde con un invito a diventare suo studente. In quel momento il giovane Pitts decide che sarebbe diventato un matematico esperto di logica.

Nonostante una travagliata situazione famigliare, nel 1943, insieme al neuropsichiatra Warren McCulloch, crea il primo modello matematico del neurone biologico che tenta di spiegare i processi biologici del cervello umano; per farlo inventano l'unità di calcolo elementare del modello, **il neurone di McCulloch-Pitts**, che resta lo standard di riferimento per tutte le reti neurali moderne.



Walter Pitts (fonte Wikimedia Commons

Pitts, McCulloch e anche altri grandi scienziati dell'epoca come Alan Turing o John Von Neumann sono affascinati dalla possibilità di creare macchine intelligenti, ovvero sistemi in grado di emulare le capacità cognitive umane.

Il concetto di **intelligenza artificiale** (IA) vede la sua nascita ufficiale soltanto nel 1956. Infatti, in quell'estate, a Dartmouth viene organizzata la prima conferenza sul tema e che sarà il punto di partenza per lo studio e lo sviluppo di sistemi che mostrano un comportamento intelligente e che sono capaci di analizzare il proprio ambiente compiendo azioni autonome.

Uno dei risultati più significativi presentati durante la conferenza è il *Logic Theorist*, un software capace di ragionamento automatico. Il *Logic Theorist* dimostra infatti 38 dei 52 dei teoremi formulati nei *Principia Mathematica* di Russell e Whitehead e la dimostrazione di uno dei teoremi è perfino più elegante di quella fornita da Russell.

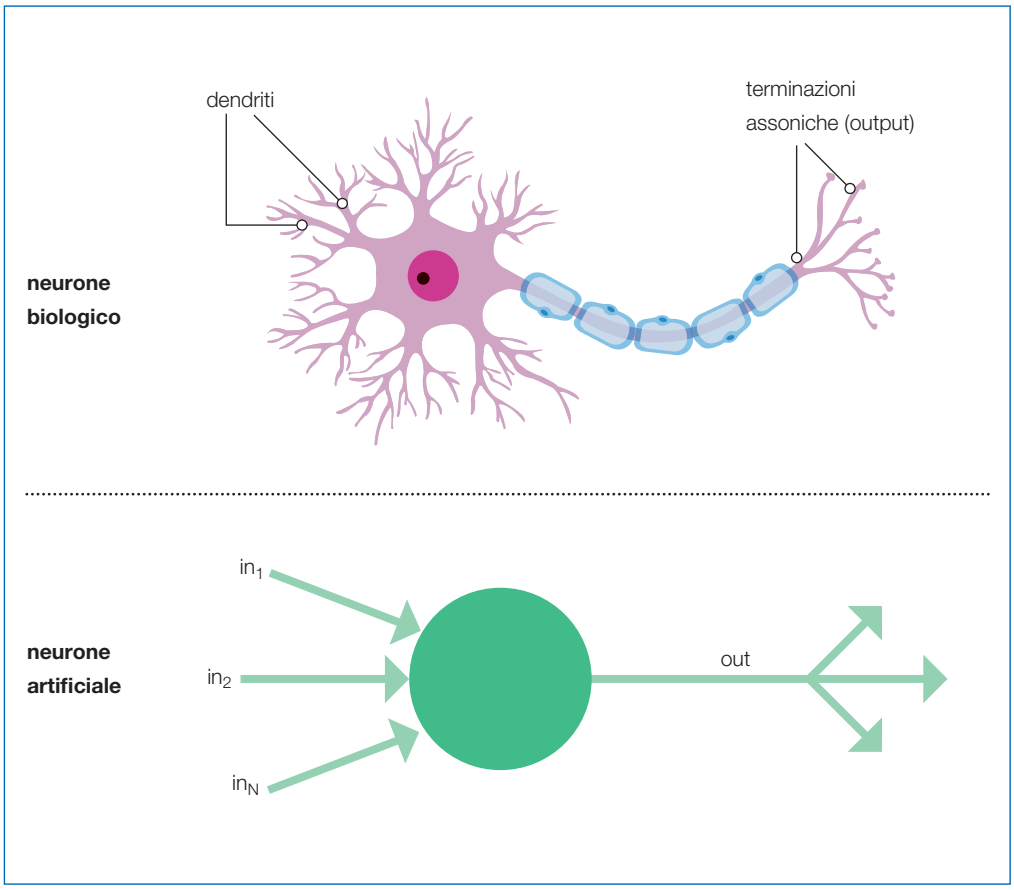
In questo breve spaccato della storia dell'intelligenza artificiale, osserviamo come la matematica sia sempre stata presente con un ruolo di assoluto rilievo. Tutt'oggi, la matematica e l'informatica sono le due discipline che con sinergia alimentano tutti gli sviluppi dell'intelligenza artificiale.

Testo di Simone Conradi. La riproduzione di questa pagina tramite fotocopia è autorizzata ai soli fini dell'utilizzo nell'attività didattica.

ZANICHELLI

I modelli delle unità elementari alla base delle macchine intelligenti

Il cervello è formato da un insieme numerosissimo di cellule nervose fittamente interconnesse tra loro. Queste cellule sono dette **neuroni**. Ogni neurone riceve, attraverso i suoi dendriti, dei segnali elettrici che rappresentano per lui un input di tipo binario: c'è il segnale oppure non c'è. Semplificando, possiamo dire che se il numero di segnali in ingresso supera una certa soglia, allora viene prodotto un segnale di uscita, ovvero il neurone si attiva, trasmettendo il segnale elettrico lungo il proprio assone alle terminazioni assoniche a cui sono connessi altri neuroni. Se tale soglia non è superata il neurone resta inattivo. Quindi anche il suo output è di tipo binario.



I processi cognitivi sono dovuti a una elaborazione in parallelo diffusa tra i neuroni. Ogni neurone interagisce con migliaia di altri neuroni anche distanti tra loro. I **collegamenti sinaptici**, ovvero come i neuroni sono collegati gli uni agli altri, cambiano continuamente modificando così il comportamento del cervello in base agli stimoli che riceve: è l'apprendimento naturale.

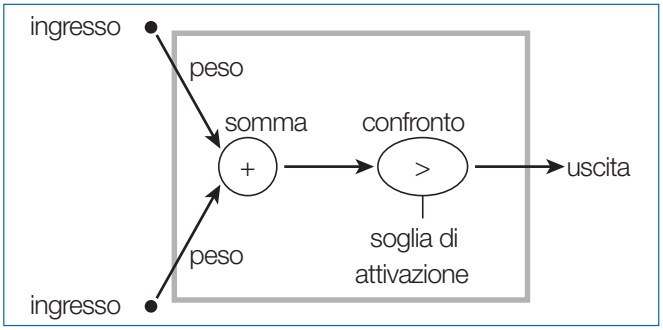
Si stima che il cervello umano abbia circa 86 miliardi di neuroni e si ritiene che il numero delle connessioni possibili tra neuroni sia di circa 100 trilioni, cioè 100 000 miliardi.

Testo di Simone Conradi. La riproduzione di questa pagina tramite fotocopia è autorizzata ai soli fini dell'utilizzo nell'attività didattica.

ZANICHELLI

Nel neurone artificiale ideato da McCulloch e Pitts i segnali elettrici biologici presenti nel cervello sono rappresentati da numeri. L'**assenza di segnale** è rappresentata dal **valore 0**, mentre la **presenza di segnale** dal **valore 1**. Quindi ogni ingresso del neurone può avere valori di 0 oppure 1 e lo stesso per l'uscita. Quando l'uscita del neurone vale 1 si dice che il neurone è attivato.

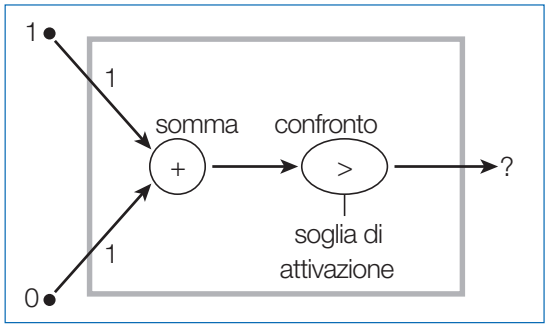
Analizziamo il caso di un neurone con **due ingressi** e **una uscita**.



Il collegamento tra ogni ingresso e il primo blocco interno al neurone artificiale rappresenta il collegamento sinaptico: ciascuno di essi possiede un'**intensità**, ovvero ciascuno di essi può amplificare o attenuare il segnale presente in ingresso. L'amplificazione o l'attenuazione del valore in ingresso è realizzata matematicamente mediante la moltiplicazione per un numero detto **peso**, che misura l'intensità del collegamento sinaptico. Maggiore è il peso, maggiore è l'amplificazione del valore in ingresso. Ogni collegamento sinaptico possiede il suo peso e ogni peso è in genere diverso da tutti gli altri.
Il primo blocco interno al neurone esegue la **somma** tra due addendi, ciascuno dei quali è il prodotto tra il valore in ingresso e il peso del collegamento corrispondente.
Generalmente la somma ottenuta è sia diversa da 0, sia diversa da 1. Per ottenere un valore di uscita che sia 0 oppure 1, applichiamo un'operazione di confronto.
Confrontiamo il risultato della somma con il valore della **soglia di attivazione**: se la prima è maggiore della seconda allora l'uscita del neurone vale 1, altrimenti vale 0.
Ma che cos'è la soglia di attivazione?

È un numero che caratterizza ogni neurone di McCulloch-Pitts: maggiore è il suo valore più difficile è l'attivazione del neurone e viceversa.
Vediamo un esempio concreto, facendo riferimento alla figura sotto:

- i due ingressi valgono rispettivamente **1** e **0**,
- i pesi sono entrambi pari a **1**
- la soglia di attivazione vale $\frac{3}{2}$.



Per calcolare se il neurone si attiva oppure no, partiamo dal calcolo della somma: $\mathbf{1} \cdot \mathbf{1} + \mathbf{0} \cdot \mathbf{1} = 1$.

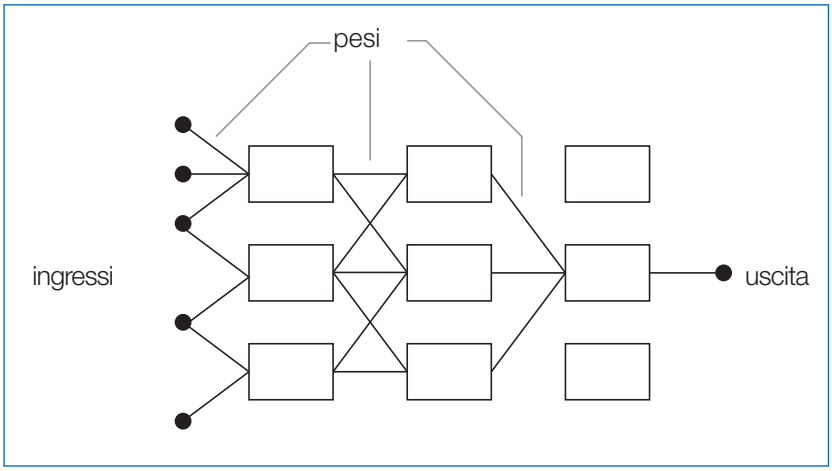
Poi eseguiamo il confronto: la disequazione $1 > \frac{3}{2}$ è falsa per cui il neurone *non si attiva*.

Testo di Simone Conradi. La riproduzione di questa pagina tramite fotocopia è autorizzata ai soli fini dell'utilizzo nell'attività didattica.
ZANICHELLI

È possibile usare i neuroni di McCulloch-Pitts come "mattoncini" per creare reti di neuroni: si tratta delle **reti neurali artificiali**.

Per esempio la figura sottostante rappresenta una rete neurale costituita da 7 neuroni artificiali.

Osserviamo che alcuni neuroni hanno tre ingressi e altri soltanto 2. Inoltre l'uscita di un neurone può essere collegata a diversi ingressi.



Esiste un'infinità di modi per creare reti neurali artificiali. Il loro studio, il **deep-learning**, è oggi una delle branche più attive dell'intelligenza artificiale. Tutti i calcoli necessari per ottenere i valori di uscita sono eseguiti da appositi software per computer: è del tutto impossibile calcolare a mano le uscite di una rete neurale moderna. Reti complesse sono in grado di apprendere a svolgere compiti ben più complicati di quelli di cui è capace un singolo neurone artificiale.

Esempi attuali di reti neurali artificiali sono quelli alla base dei modelli linguistici **GPT** (*Generative Pre-trained Transformer*), capaci di generare testi in molte lingue diverse. Per esempio la chatbot **ChatGPT** fa uso di questi modelli per dialogare con utenti umani a proposito di qualsivoglia argomento.

Testo di Simone Conradi. La riproduzione di questa pagina tramite fotocopia è autorizzata ai soli fini dell'utilizzo nell'attività didattica.

ZANICHELLI