

Apprendimento profondo – Reti neurali

Autore: Mária Hartyányi, iTStudy Hungary Training and Research Centre

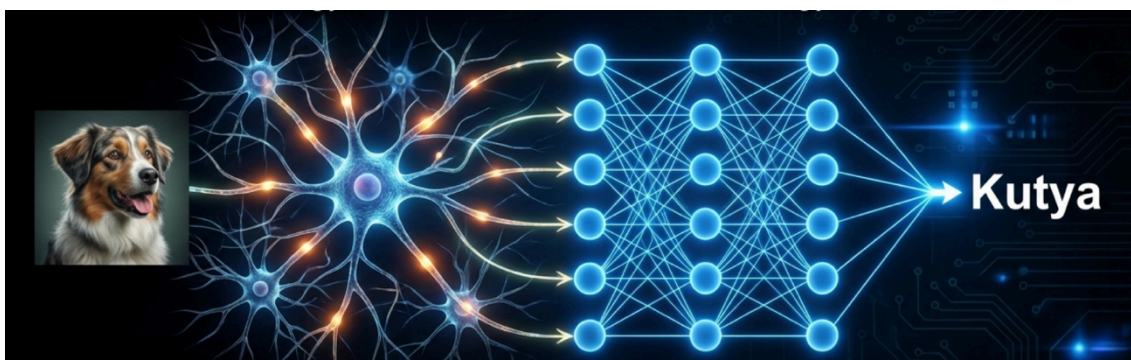
Revisore: Zsolt Lengyel, iTStudy Hungary Training and Research Centre

Obiettivo di apprendimento

Per utilizzare l'intelligenza artificiale in modo responsabile, è importante comprenderne i meccanismi di funzionamento. Questo materiale presenta in modo chiaro i principi alla base dei sistemi avanzati di IA, senza richiedere conoscenze approfondite di matematica o programmazione. Al termine, i docenti sapranno comprendere e spiegare alcuni concetti fondamentali per un uso consapevole dell'IA (come rete neurale artificiale, apprendimento profondo, dati di addestramento e parametri), distinguere i diversi modelli in base alle prestazioni e alle risorse necessarie e riconoscerne i principali limiti.

Introduzione

Lo sviluppo di alcuni dei metodi più efficaci di apprendimento automatico si è ispirato allo studio del funzionamento del cervello umano. I neuroscienziati hanno osservato che, durante l'apprendimento, le connessioni tra i neuroni si modificano: alcune diventano più forti, mentre altre si indeboliscono.



La rete neurale artificiale multistrato – un modello della rete neurale naturale

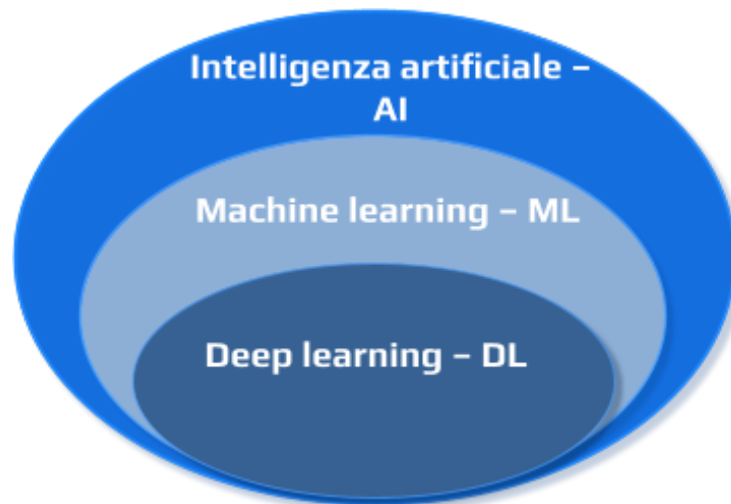
Questa intuizione ha portato allo sviluppo delle reti neurali artificiali (ANN, Artificial Neural Network). Sebbene i modelli matematici delle ANN descrivano i processi cerebrali in modo molto semplificato, hanno segnato una svolta nello sviluppo dell'intelligenza artificiale. Sono proprio questi algoritmi, tra l'altro, a permetterci di comunicare con le applicazioni di intelligenza artificiale nel linguaggio umano naturale.

Dall'apprendimento automatico a quello profondo

L'intelligenza artificiale è un concetto ampio, che comprende qualsiasi soluzione informatica in grado di imitare una capacità associata all'intelligenza umana.

Uno dei suoi sottocampi è l'apprendimento automatico (machine learning), in cui il sistema non funziona soltanto in base a regole predefinite, ma riconosce schemi a partire dai dati.

L'apprendimento profondo (deep learning) è un sottocampo più ristretto dell'apprendimento automatico. Ogni sistema di apprendimento profondo è al tempo stesso una soluzione di apprendimento automatico e di intelligenza artificiale, ma non tutti i metodi di apprendimento automatico utilizzano una rete neurale.



Abbreviazioni fondamentali: AI (in italiano IA), ML, DL

La prima ANN – il perceptrone

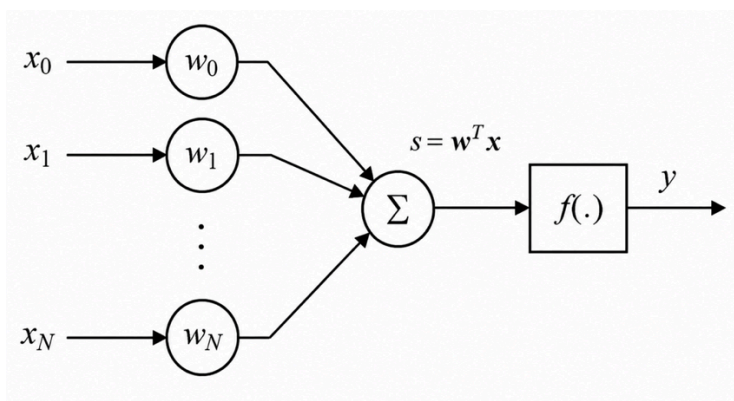
Una delle prime tappe fondamentali nella storia delle reti neurali è stata il perceptrone, una macchina analogica capace di apprendere, presentata nel 1958 negli Stati Uniti da Frank Rosenblatt, professore alla Cornell University.



Il Mark I Perceptron di Rosenblatt, una macchina analogica che funzionava con una matrice di 20×20 fotocellule (Fonte: Computer History Museum)

L'immagine mostra una parte della macchina elettromeccanica di Rosenblatt, il Mark I Perceptron. Durante l'apprendimento, l'intensità delle connessioni veniva memorizzata e regolata da dispositivi elettromeccanici. In condizioni controllate, il sistema era in grado di distinguere forme semplici e lettere standard.

Il perceptrone funzionava con un *algoritmo di apprendimento supervisionato*. Durante l'addestramento, l'operatore forniva la risposta corretta per ogni input (cioè a quale categoria apparteneva il campione presentato). Il perceptrone confrontava il proprio output con la risposta corretta e, in caso di errore, modificava i pesi delle connessioni.



Il modello matematico dell'algoritmo di apprendimento del perceptrone

La figura mostra il modello matematico della prima rete neurale artificiale a un solo strato, cioè il perceptrone. Questo semplice schema illustra che dietro una soluzione automatica capace di riconoscere forme non c'è alcuna magia, ma soltanto calcoli matematici. I dati di input sono chiamati neuroni artificiali. A ogni input (x_i) è associato un peso (w_i) e il risultato del calcolo è la somma ponderata (S). A partire da questo valore, la funzione di attivazione (f) genera un output che, nel nostro caso, è 0 oppure 1, a seconda che la macchina indovini o meno. I moltiplicatori w_i e le altre funzioni sono chiamati parametri del modello.

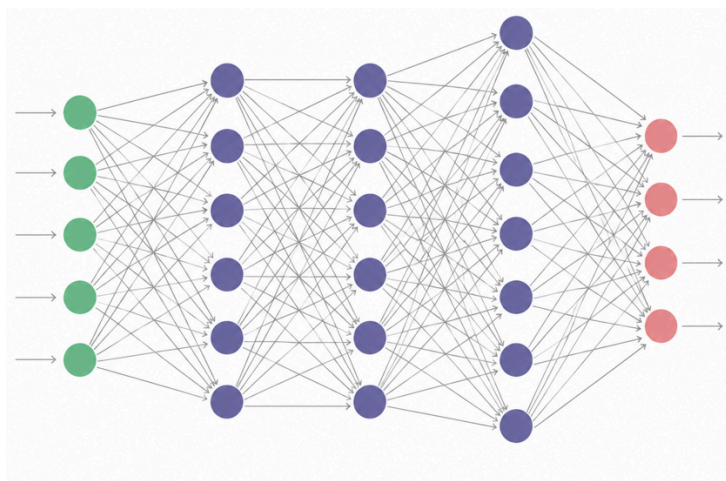
Le prime reti neurali a un solo strato non riuscirono a soddisfare le grandi aspettative iniziali. A partire dagli anni Settanta, l'interesse e i finanziamenti per la ricerca diminuirono, anche perché i computer dell'epoca non avevano una potenza sufficiente per affrontare problemi più complessi. Questo periodo viene spesso associato al cosiddetto **inverno dell'IA** (AI Winter).

Le reti neurali multistrato e i loro parametri

Con la comparsa di una maggiore capacità di calcolo negli anni Ottanta, lo sviluppo delle reti neurali ricevette un nuovo impulso. La svolta arrivò collegando più neuroni in sequenza ed eseguendo l'elaborazione non in uno, ma in più strati.

Gli algoritmi di apprendimento delle reti neurali artificiali che operano con più di uno strato sono noti collettivamente come apprendimento profondo (deep learning, DL).

Anche in questo caso, il funzionamento si basa su operazioni matematiche: aumentando il numero di strati e parametri, i modelli diventano più complessi, ma continuano ad apprendere attraverso calcoli eseguiti da computer sempre più potenti. **L'IA non pensa come un essere umano: elabora informazioni e genera risultati attraverso processi matematici e statistici.**



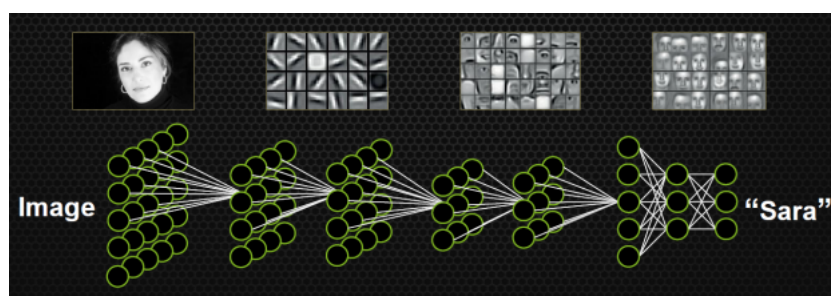
Strato di input

Strati nascosti

Strato di output

Rete neurale artificiale multistrato

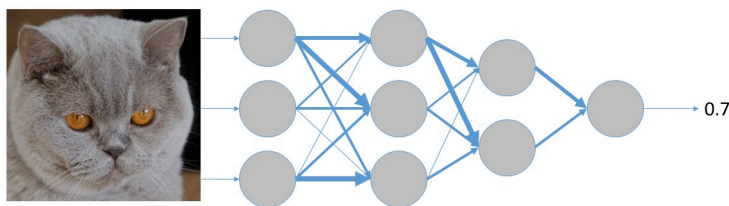
Tra lo strato di input e quello di output si trovano i cosiddetti strati nascosti: il primo riconosce caratteristiche semplici, mentre gli strati successivi costruiscono a partire da queste schemi sempre più complessi.



Come funziona una rete neurale (Fonte: <https://developer.nvidia.com/>)

Un sistema di riconoscimento delle immagini, ad esempio, può distinguere prima i bordi, poi le forme e infine gli oggetti.

L'addestramento efficace delle reti multistrato è diventato ampiamente utilizzabile grazie all'algoritmo di retropropagazione (backpropagation). Questo metodo procede a ritroso a partire dall'errore in output per stabilire come vadano modificati i pesi delle connessioni di ciascuno strato.



È un gatto? Modello di una rete neurale che funziona con la retropropagazione

La figura mostra un modello semplificato di rete neurale che cerca di stabilire se un'immagine rappresenta un cane o un gatto. Lo spessore delle linee blu indica il valore dei pesi associati alle connessioni, mentre il numero nella cornice rossa rappresenta la probabilità stimata dal modello che nell'immagine sia presente un gatto. Nei sistemi reali, anche compiti apparentemente semplici come questo possono richiedere un numero molto elevato di parametri, a seconda dell'architettura utilizzata.

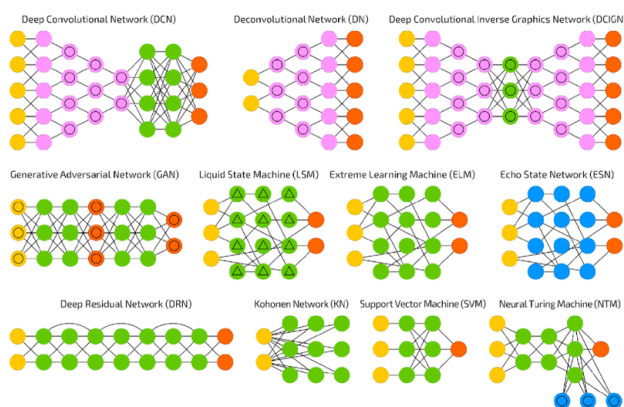
Le dimensioni dei modelli di apprendimento profondo sono di solito descritte da due valori, ossia il numero di:

- parametri e
- strati nascosti.

Questi due valori, però, non bastano da soli a descrivere le prestazioni del modello.

Contano anche l'ampiezza degli strati, il numero di input, il tipo di architettura, la quantità e la qualità dei dati di addestramento, le funzioni di attivazione e gli algoritmi di addestramento.

Il numero di parametri degli attuali modelli di generazione di testo va da qualche milione (modelli piccoli, specifici per un compito) a 1000-2000 miliardi. Gli sviluppatori, per ragioni commerciali, di norma non rendono noto il numero di parametri dei modelli più grandi e all'avanguardia (le ultime versioni di GPT, Claude e Gemini).



Alcuni esempi di reti neurali (Fonte: <https://www.deep-learning-site.com/>)

Modelli di apprendimento profondo

Nella pratica, le reti neurali possono avere strutture molto diverse a seconda del problema da risolvere. Alcuni modelli lavorano con sequenze e dati temporali, mentre esistono reti specializzate per l'elaborazione delle immagini, la compressione e il riconoscimento di schemi. Dopo la comparsa del perceptrone si sono sviluppate numerose architetture di reti neurali diverse e i moderni sistemi di intelligenza artificiale di oggi si basano su loro versioni evolute.

La maggior parte delle applicazioni di IA offre la possibilità di scegliere tra più modelli, e i diversi modelli sono ottimizzati per capacità, velocità e tipi di compito differenti. Un modello può rispondere più rapidamente alla stessa domanda, mentre un altro può dare risultati migliori in compiti logici complessi, nella programmazione, nell'analisi di documenti lunghi o nella pianificazione dettagliata. È come scegliere tra diversi "motori" all'interno della stessa applicazione.

In che cosa si differenziano?

Precisione e ragionamento: un modello di ragionamento più avanzato può risolvere in modo più affidabile problemi articolati in più passaggi.

Velocità: per domande semplici può essere più pratico un modello più veloce.

Programmazione e matematica: alcuni modelli sono particolarmente forti nella scrittura di codice, nel debugging o nei calcoli.

Comprensione del testo: nell'elaborazione di documenti lunghi, contratti o materiali didattici, i modelli possono differire nella capacità di seguire il contesto di fondo.

Creatività: anche la qualità e lo stile delle risposte possono variare nella scrittura, nel brainstorming o nella creazione di materiali didattici.

Uso di strumenti: alcune funzioni, come la ricerca sul web, l'analisi di file o l'uso di altri strumenti, possono dipendere anche dalla configurazione attuale.

Il fabbisogno di risorse dell'apprendimento profondo

Dal semplice neurone artificiale che gestiva pochi input siamo arrivati a sistemi con molti miliardi di connessioni, che elaborano testo, immagini e suoni. Le forti aspettative attuali si basano sui successi ottenuti con l'algoritmo di apprendimento profondo.

L'addestramento dei modelli di apprendimento profondo, tuttavia, comporta costi enormi. Richiede processori grafici ad alte prestazioni e tempi di elaborazione lunghi, spesso di diversi mesi, con un consumo energetico significativo. Utilizzare un modello finito costa in genere molto meno che addestrarlo; la voce di costo più alta dello sviluppo è di solito legata alla preparazione dei dati e al processo di addestramento.

Prompt al modello GPT-5.6 Sol di ChatGPT

Quanto tempo ci è voluto per addestrare il modello GPT-5.5?

OpenAI, lo sviluppatore di ChatGPT, non ha reso nota la durata esatta dell'addestramento di GPT-5.5, per cui non è possibile indicare in modo affidabile quanti giorni o mesi abbia richiesto. Dai documenti pubblicati si sa soltanto che:

- una parte dei dati di addestramento arriva fino a febbraio 2026;
- la raccolta di dati dal web è avvenuta all'incirca tra il 2018 e dicembre 2025;
- il modello è stato addestrato su dataset contenenti oltre 10.000 miliardi di token di testo, più di 1 miliardo di immagini e oltre un milione di ore di materiale audio e video.

Indicazioni per i docenti

1. **Conta con quale modello lavoriamo, e quando.** La maggior parte delle applicazioni di IA permette di scegliere tra modelli diversi. Per questo è utile sapere quale modello si sta utilizzando e quali sono le sue caratteristiche. Se, ad esempio, chiediamo *"Qual è la capitale della Francia?"*, non importa quasi quale modello usiamo: otterremo la risposta corretta. Se invece chiediamo: *"Analizza questa proposta progettuale di ottanta pagine, individua le contraddizioni e poi suggerisci dei miglioramenti in base ai criteri di valutazione dell'UE"*, può fare una grande differenza lavorare con un modello avanzato o con uno più debole. D'altra parte, se usiamo un modello potente per compiti semplici, pagheremo di più: esauriremo più in fretta i crediti disponibili.
2. **L'incertezza dei modelli dipende anche dal loro funzionamento.** Sebbene gli algoritmi migliorino continuamente, poiché l'incertezza nasce dal loro principio di funzionamento fondamentale, può soltanto essere ridotta, mai eliminata del tutto. Nelle applicazioni di riconoscimento degli oggetti, il sistema spesso mostra anche valori di confidenza in percentuale.



IA addestrata per il riconoscimento degli oggetti: incornicia una forma nell'area inquadrata dalla telecamera e indica accanto la probabilità che l'oggetto sia una persona, una barca ecc.

(Fonte: <https://arteries.hu/>)

Anche la risposta prodotta da un generatore di testo è vera solo con una certa probabilità, ma il valore di probabilità non viene indicato.

Domanda a ChatGPT

Come possiamo fidarci delle risposte dell'IA, se sbaglia spesso?

Risposta

Non dobbiamo fidarci ciecamente dell'IA, ma possiamo comunque considerarla uno strumento molto utile. È preferibile utilizzarla come un assistente rapido e preparato, capace di fornire spesso buone risposte, ma che può anche commettere errori presentandoli con grande sicurezza.

Il livello di fiducia dipende anche dal tipo di domanda.

- **Affidabilità alta:** matematica (se non ci sono errori di calcolo), programmazione, grammatica, conoscenze scientifiche generali, spiegazione di concetti.
- **Affidabilità media:** dettagli storici, fatti poco noti, sintesi specialistiche.
- **Affidabilità più bassa senza verifica esterna:** notizie dell'ultima ora, normativa vigente, dati di borsa, statistiche rare, citazioni specifiche, riferimenti bibliografici esatti.

La differenza tra i modelli di qualche anno fa e quelli di oggi può essere grande quanto quella tra un telefono cellulare del 2005 e uno smartphone moderno.

Quando qualcuno dice: "Ho già provato l'IA e non funzionava bene", la sua opinione si basa spesso su esperienze passate. E se l'esperienza riguarda davvero i sistemi di IA più recenti, è probabile che sia stato usato un modello più debole o una versione gratuita, il che incide in modo significativo sul risultato. I servizi in abbonamento offrono in genere risultati di gran lunga migliori rispetto a quelli gratuiti.

Copyright © 2026 Consorzio VITA

Quest'opera è concessa in licenza secondo i termini della Creative Commons
Attribuzione-Condividi Allo Stesso Modo 4.0 Internazionale (CC BY-SA 4.0).



Finanziato dall'Unione europea. Le opinioni espresse sono esclusivamente quelle degli autori e non riflettono necessariamente quelle dell'Unione europea o dell'Agenzia nazionale.