CORSO IA CON CLAUDE · DISPENSA PER L'ALLIEVO

Evoluzione storica e principi dell'IA

Che cos'è davvero l'intelligenza artificiale, da dove viene e come funziona

ORA	DURATA	MODULO
01 di 12	60 minuti	1 — Introduzione

Gianluca Bonomo · www.gianlu.it · info@gianlu.it

Indice

Indice 2

Come usare questa dispensa 3

1. Che cos'è l'intelligenza artificiale (e che cosa non è) 4

1.1 Una definizione senza esagerazioni 4

1.2 Tre gradini: debole, generale, super-intelligente 5

1.3 Sei miti da sfatare 5

1.4 L'IA che usi già senza saperlo 6

2. Come siamo arrivati fin qui 6

2.1 1950: Alan Turing e la domanda giusta 7

2.2 1956: il nome nasce a Dartmouth 8

2.3 Primavere e inverni 9

2.4 2012: i tre ingredienti che hanno cambiato tutto 9

2.5 2017: il Transformer e l'era generativa 10

3. Come funziona, sotto il cofano 11

3.1 I dati: il carburante 11

3.2 Algoritmo e apprendimento automatico 11

3.3 Tre modi di imparare 12

3.4 Reti neurali e deep learning 13

3.5 Pesi, parametri e funzione di perdita 14

4. Che cosa succede quando scrivi a un chatbot 15

5. Le domande che arrivano sempre in aula 18

6. Esercitazione pratica dell'ora 18

Glossario 20

Per approfondire 22

Come usare questa dispensa

Questa dispensa raccoglie, in forma scritta e ordinata, tutto quello che vediamo insieme durante l'ora di lezione. Non devi studiarla a memoria: serve a farti ritrovare le cose con calma, dopo, quando l'aula è finita e ti resta una domanda in sospeso.

È pensata per chi parte da zero. Ogni termine tecnico viene spiegato la prima volta che compare, e a fine dispensa trovi un glossario con tutte le parole nuove. Se una pagina ti sembra difficile, saltala e torna indietro dopo: nessun concetto di questa dispensa richiede conoscenze informatiche precedenti.

> **COME SONO FATTI I RIQUADRI**
>
> **In parole semplici** (azzurro): la spiegazione senza tecnicismi, quella da portarsi a casa se si ricorda una cosa sola.
>
> **Attenzione** (oro): un errore frequente, un rischio, una cosa da non fare.
>
> **Esempio** (grigio): un caso concreto, preso dalla vita di tutti i giorni o dal lavoro in azienda.

Obiettivo dell'ora

Capire che cos'è l'intelligenza artificiale che usiamo oggi, ripercorrere la strada che dal 1956 ci ha portati ai modelli generativi, e farsi un'idea chiara di come funziona un sistema che scrive testi. Senza formule, senza codice, senza bisogno di essere informatici.

Che cosa saprai fare alla fine

- Spiegare a un collega la differenza fra IA debole e IA generale, senza sbagliare.
- Riconoscere quando un titolo di giornale sull'IA sta esagerando, e perché.
- Capire che cosa succede, passo per passo, quando scrivi una domanda a un chatbot.
- Distinguere i problemi che si risolvono meglio con un foglio di calcolo da quelli che si risolvono meglio con l'IA generativa.

1. Che cos'è l'intelligenza artificiale (e che cosa non è)

Prima di usare uno strumento conviene sapere che cosa è e, soprattutto, che cosa non è. Su questo punto l'intelligenza artificiale sconta trent'anni di racconti cinematografici.

1.1 Una definizione senza esagerazioni

Intanto una cosa banale ma utile: **IA** in italiano e **AI** in inglese sono la stessa identica cosa. Intelligenza Artificiale, *Artificial Intelligence*. Se leggi articoli internazionali trovi quasi sempre AI, ma il concetto non cambia.

La definizione più onesta è questa:

> *L'intelligenza artificiale è un ramo dell'informatica che costruisce programmi capaci di svolgere compiti che, quando li fa un essere umano, richiedono intelligenza.*
>
> Gianluca Bonomo, *Niente paura, è solo IA*, cap. 1.1

Niente magia. Compiti come riconoscere una voce, tradurre un testo, distinguere un gatto da una bicicletta in una foto, suggerirti la prossima canzone o scrivere un riassunto: attività che un tempo poteva fare solo una persona, e che oggi — con limiti e imperfezioni — riesce a fare anche un computer.

IN PAROLE SEMPLICI

Immagina di insegnare a un bambino a riconoscere una mela. Gli mostri tante mele e gli dici «questa è una mela». Dopo un po' impara da solo, senza che tu gli abbia spiegato ogni sfumatura di rosso o la forma del picciolo.

L'IA fa la stessa cosa: le diamo **tantissimi esempi** (i dati) e una **regola di apprendimento** (l'algoritmo), e impara a riconoscere da sola. Questa è la differenza con un programma tradizionale, dove le regole le scrive una persona.

Ma attenzione a un punto che tornerà spesso: l'IA di oggi **non pensa** come un essere umano. Non ha coscienza, non prova emozioni, non ha intenzioni proprie. È uno strumento molto sofisticato che trova schemi nei dati e li usa per generare risposte.

1.2 Tre gradini: debole, generale, super-intelligente

Quando senti parlare di intelligenza artificiale, la prima domanda da farsi è: *di quale delle tre stiamo parlando?* È una distinzione che vale come igiene mentale, perché separa la realtà dalla previsione e dalla paura.

Gradino	Esiste oggi?	Che cosa sa fare	Esempi
IA debole (o ristretta)	Sì, è l'unica che esiste	Un compito specifico, anche in modo eccezionale. Fuori da quel perimetro non sa fare nulla.	Filtri antispam, assistenti vocali, consigli di Netflix, ChatGPT, Claude
IA generale (o forte, AGI)	No, è ricerca	Capire, imparare e applicare l'intelligenza a *qualsiasi* problema, come farebbe una persona.	Nessuno: non esiste in alcun prodotto sul mercato
IA super-intelligente	No, è speculazione	Superare le capacità umane in praticamente ogni ambito.	Il dibattito filosofico sulla "singolarità"

La caratteristica decisiva dell'IA debole è la **mancanza di trasferimento**: un sistema addestrato per un compito non sa applicare quel che ha imparato a un ambito diverso. AlphaGo ha battuto il campione del mondo di Go, ma non conosce nemmeno le regole degli scacchi. È come un maratoneta che non per questo è un buon nuotatore.

> **QUANDO IL TELEGIORNALE ESAGERA**
>
> Le notizie del tipo «l'IA prenderà il sopravvento» parlano di IA generale, che non esiste. Le notizie su ciò che l'IA fa *oggi* parlano di IA debole. Confondere le due è l'errore più comune, e genera sia entusiasmi sia paure fuori misura.

1.3 Sei miti da sfatare

Il mito	Come stanno davvero le cose
«L'IA ruba il lavoro a tutti»	Cambia profondamente alcune mansioni, soprattutto quelle ripetitive e basate su regole fisse. Creatività, empatia, negoziazione e pensiero critico restano umani. E nascono professioni nuove. La sfida non è difendersi: è formarsi.
«L'IA è cosciente e pensa come noi»	Un modello linguistico non capisce le parole come le capiamo noi: individua schemi statistici e prevede la parola successiva più probabile. Nessuna coscienza, nessuna intenzione, nessuna emozione.
«L'IA è neutrale e oggettiva»	Impara dai dati che le diamo, e quei dati contengono i pregiudizi della nostra società. L'IA non è lo specchio della verità: è lo specchio dei

Il mito	Come stanno davvero le cose
	nostri dati.
«L'IA è infallibile»	Produce risposte sicurissime e del tutto sbagliate: si chiamano *allucinazioni*. L'IA non sa di non sapere. La responsabilità finale resta umana.
«Fra poco arriva l'IA generale»	È un traguardo lontanissimo, se mai raggiungibile. Quello che abbiamo, e che cresce, è un insieme di strumenti specializzati e limitati.
«L'IA è una moda passeggera»	È già dentro i servizi che usiamo ogni giorno: antispam, traduzioni, raccomandazioni, assistenti vocali, diagnosi mediche. Non è una moda: è uno strato invisibile del mondo digitale.

1.4 L'IA che usi già senza saperlo

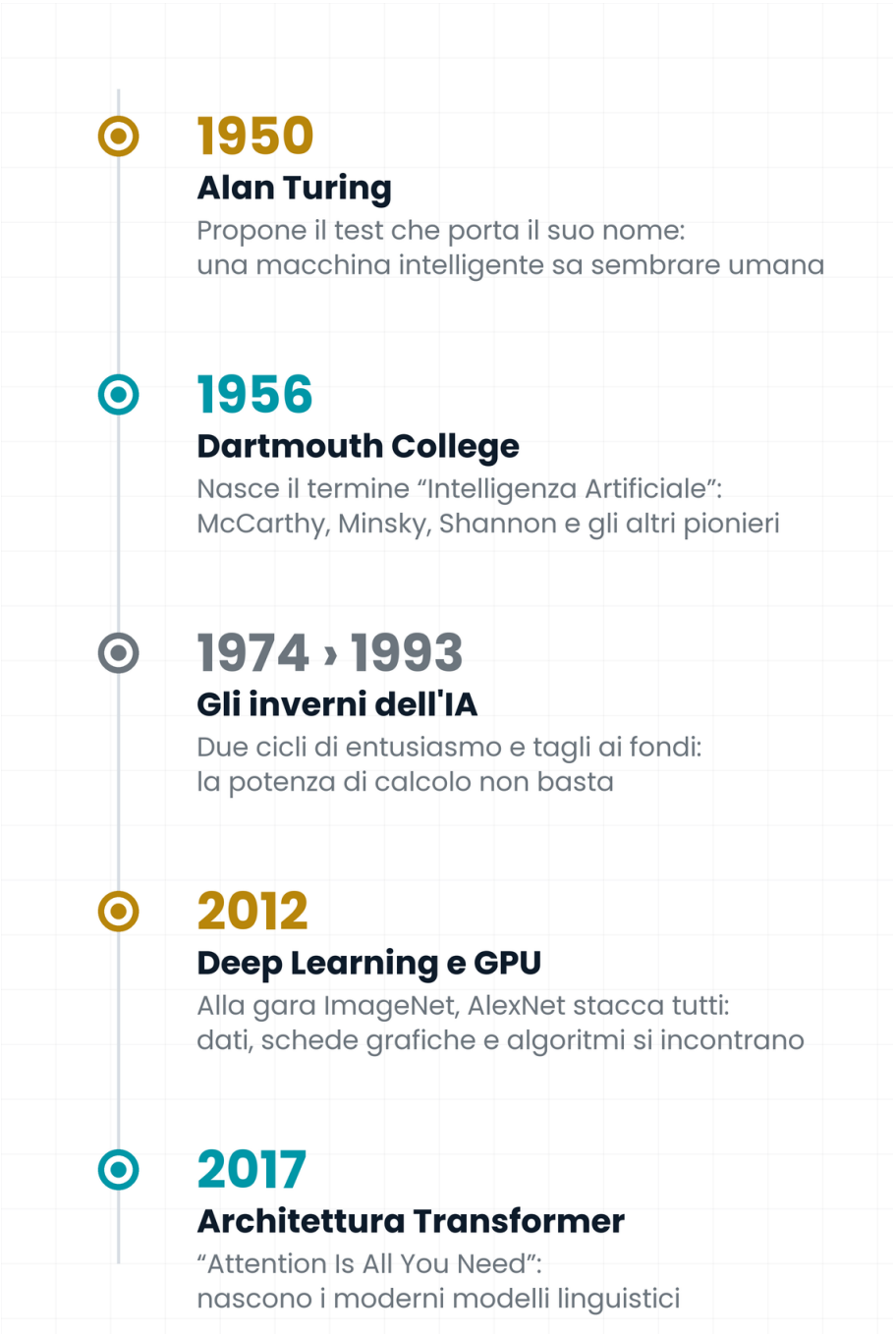
Una cosa che in aula sorprende sempre: quasi tutti usano l'intelligenza artificiale da anni, senza chiamarla così.

- Il **filtro antispam** della posta: ha imparato a riconoscere le email indesiderate guardando milioni di esempi.
- Il **navigatore** che ti propone il percorso più veloce: prevede il traffico incrociando dati storici e in tempo reale.
- I **suggerimenti** di Netflix, YouTube e Spotify.
- Il **riconoscimento del volto** che sblocca il telefono.
- Il **correttore automatico** e la **traduzione** istantanea.

> **IL PUNTO DELLA PRIMA PARTE**
>
> L'IA è uno strumento potente, imperfetto e sempre più presente, che impara dai dati per aiutarci a risolvere problemi. Niente di più, niente di meno. È una matita sofisticata: sta a noi decidere cosa disegnare.

2. Come siamo arrivati fin qui

La storia dell'IA non è una linea che sale. È fatta di entusiasmi, delusioni, tagli ai finanziamenti e ripartenze. Conoscerla serve a prendere le misure anche all'entusiasmo di oggi.



Le cinque tappe che ci hanno portati qui.

2.1 1950: Alan Turing e la domanda giusta

La storia comincia sei anni prima che l'intelligenza artificiale avesse un nome. Nel 1950 il matematico inglese **Alan Turing** — lo stesso che durante la guerra aveva contribuito a decifrare il codice tedesco Enigma — pubblica un articolo destinato a diventare leggendario: ***Computing Machinery and Intelligence***.

Turing parte da una domanda che sembra ovvia: *le macchine possono pensare?* E subito si accorge che è una domanda mal posta, perché si arena sulla definizione di

"pensare", sulla quale i filosofi discutono da millenni. Allora la sostituisce con una prova pratica, il **gioco dell'imitazione**, che oggi tutti chiamano **test di Turing**.

COME FUNZIONA IL TEST DI TURING

Un giudice conversa **per iscritto** con due interlocutori che non vede: uno è una persona, l'altro è una macchina. Può fare tutte le domande che vuole.

Se alla fine non riesce a dire con sicurezza quale dei due sia la macchina, allora la macchina — dice Turing — esibisce un comportamento intelligente.

La genialità sta nello spostamento: Turing **aggira la domanda filosofica sulla coscienza** e guarda solo alle prestazioni. Non chiede alla macchina di provare che dentro di sé succeda qualcosa: le chiede di comportarsi in modo indistinguibile da noi. È un criterio pragmatico, misurabile, che ha dato alla ricerca un obiettivo concreto per decenni.

PERCHÉ QUESTO CI RIGUARDA ANCORA OGGI

Il test di Turing misura se una macchina **sa sembrare** umana, non se **è** come noi. È una distinzione che torna utilissima davanti a un chatbot moderno: la fluidità di una risposta dice quanto il modello è bravo a imitarci, non che abbia capito qualcosa o che sia cosciente.

Come abbiamo visto nel capitolo 1, confondere la fluidità con l'intelligenza reale è il mito più duro a morire.

Turing muore nel 1954, a soli 41 anni. Non farà in tempo a vedere nascere la disciplina che il suo articolo aveva contribuito a rendere possibile: il suo lavoro resta la premessa teorica di tutto quello che segue.

2.2 1956: il nome nasce a Dartmouth

Nell'estate del 1956, nel campus del **Dartmouth College** (New Hampshire, Stati Uniti), una decina di ricercatori si riunì per un seminario estivo con un'idea ambiziosa: dimostrare che ogni aspetto dell'apprendimento e dell'intelligenza potesse essere descritto con tale precisione da poter essere simulato da una macchina.

Fu **John McCarthy**, allora ventottenne, a proporre il seminario e a coniare il termine **Intelligenza Artificiale**, quasi come una bandiera per distinguersi dalla cibernetica. Con lui c'erano **Marvin Minsky**, **Claude Shannon** (il padre della teoria dell'informazione), **Nathaniel Rochester** di IBM, e poi **Allen Newell** e **Herbert Simon**, che portarono il *Logic*

Theorist: il primo programma capace di dimostrare teoremi matematici, e in qualche caso di trovare dimostrazioni più eleganti di quelle originali.

Dartmouth non produsse un risultato spettacolare immediato. Fece qualcosa di più importante: diede un nome a un campo, ne riunì i pionieri e gli procurò una casa accademica, con finanziamenti, riviste e conferenze.

2.3 Primavere e inverni

Nei decenni successivi l'IA ha vissuto cicli molto marcati. Vale la pena conoscerli, perché spiegano perché chi lavora nel settore da tempo guarda all'entusiasmo attuale con un filo di prudenza.

Periodo	Che cosa succede	Perché finisce così
1956 – 1974 Prima primavera	Finanziamenti abbondanti. Nasce ELIZA, il primo chatbot, che simula uno psicoterapeuta. I computer giocano a dama e risolvono problemi di algebra.	I programmi funzionano solo in "micromondi" semplificati. Fuori dal laboratorio si perdono. E la potenza di calcolo non basta.
1974 – 1980 Primo inverno	Il Rapporto Lighthill (1973) critica duramente i risultati ottenuti. Il Regno Unito taglia i fondi, gli Stati Uniti cambiano priorità.	Le promesse erano state esagerate. "Intelligenza artificiale" diventa quasi un marchio di vergogna.
1980 – 1987 Seconda primavera	Arrivano i *sistemi esperti*: migliaia di regole "se… allora…" scritte a mano. MYCIN diagnostica infezioni, XCON configura computer.	Costosissimi da costruire e aggiornare, fragili fuori dal loro dominio, e soprattutto non imparano.
1987 – 1993 Secondo inverno	Le aziende si ritirano. Il progetto giapponese di "quinta generazione" chiude senza clamore.	Ma sotto la superficie alcuni ricercatori continuano a lavorare sulle reti neurali. I semi erano piantati.
dal 2012 La primavera attuale	Deep learning, GPU e Big Data si incontrano. Poi arrivano i Transformer e i modelli generativi.	Siamo qui. La lezione della storia è restare curiosi e critici.

2.4 2012: i tre ingredienti che hanno cambiato tutto

Intorno al 2010 tre fattori sono arrivati a maturazione nello stesso momento. Nessuno dei tre, da solo, sarebbe bastato.

- **I dati.** Internet, gli smartphone e i social hanno prodotto un diluvio di foto, testi, video, suoni. Per un algoritmo affamato di esempi, una tavola imbandita.

- **La potenza di calcolo.** Le schede grafiche (**GPU**), nate per i videogiochi, si sono rivelate perfette per i calcoli delle reti neurali, che sono intrinsecamente paralleli. Addestramenti che richiedevano settimane sono scesi a ore.
- **Gli algoritmi.** Geoffrey Hinton, Yann LeCun e Yoshua Bengio avevano tenuto in vita le reti neurali durante gli inverni. Nel 2018 hanno vinto il Premio Turing, il "Nobel dell'informatica".

Il momento spartiacque è l'autunno **2012**, alla competizione **ImageNet**: *AlexNet*, una rete neurale addestrata su due GPU, fece crollare il tasso di errore nel riconoscimento delle immagini, staccando nettamente tutti i sistemi tradizionali. Da quel giorno il deep learning smise di essere una curiosità accademica.

2.5 2017: il Transformer e l'era generativa

Nel 2017 un gruppo di ricercatori di Google pubblicò un articolo dal titolo curioso: ***Attention Is All You Need***. Dentro c'era una nuova architettura di rete neurale, il **Transformer**, pensata inizialmente per la traduzione automatica.

L'intuizione è il **meccanismo di attenzione**: invece di leggere un testo parola per parola in ordine rigido, il modello impara a "prestare attenzione" a tutte le parole della frase contemporaneamente, pesando l'importanza di ciascuna in base al contesto. Nella frase *«Il gatto che era sul tavolo era affamato»*, il modello collega "gatto" e "affamato" anche se in mezzo ci sono altre parole.

Applicando questa architettura a quantità enormi di testo sono nati i **Large Language Models (LLM)**, i grandi modelli linguistici. Il resto è storia recente: il **30 novembre 2022** OpenAI lancia ChatGPT come "anteprima di ricerca". In cinque giorni raggiunge un milione di utenti, in due mesi cento milioni. Per la prima volta chiunque poteva parlare con un'intelligenza artificiale usando il linguaggio naturale, senza scrivere una riga di codice.

> **PERCHÉ PROPRIO ALLORA**
>
> L'interfaccia a chat ha abbassato a zero la barriera d'ingresso. Non serviva essere informatici: bastava saper scrivere. E tutti sanno scrivere.

3. Come funziona, sotto il cofano

Qui apriamo il cofano. Non per diventare tecnici, ma per avere la serenità di chi, quando legge un articolo sull'IA, sa di che cosa si sta parlando.

3.1 I dati: il carburante

Se l'IA fosse un'automobile, i dati sarebbero la benzina. Senza carburante anche il motore migliore resta fermo. Un **dato** è qualsiasi informazione rappresentabile in forma digitale: una foto, una frase, un video, una temperatura, un clic.

Quando si costruisce un sistema di IA, i dati si dividono in tre gruppi: quelli di **addestramento** (su cui il modello impara), quelli di **validazione** (per controllare durante il percorso che stia imparando davvero e non a memoria) e quelli di **test** (l'esame finale, su dati mai visti prima).

> **GARBAGE IN, GARBAGE OUT**
>
> È una massima classica dell'informatica: **spazzatura dentro, spazzatura fuori**. Se i dati di addestramento sono pieni di errori o non rappresentano bene la realtà, il modello imparerà cose sbagliate. Un dataset piccolo ma curato batte quasi sempre un dataset enorme ma disordinato.

3.2 Algoritmo e apprendimento automatico

Un **algoritmo** è semplicemente una sequenza finita di istruzioni precise che portano da un punto di partenza a un risultato. Una ricetta di cucina è un algoritmo. Le istruzioni per montare un mobile sono un algoritmo.

Per decenni gli algoritmi informatici hanno funzionato "a regole scritte a mano": un programmatore studiava il problema e scriveva esplicitamente tutte le istruzioni. Funziona benissimo per gli scacchi o per una busta paga. Non funziona per riconoscere un gatto in una foto: prova a scrivere le regole per distinguere un gatto da una volpe, da qualsiasi angolazione e con qualsiasi luce. È impossibile. Eppure un bambino di tre anni ci riesce al primo sguardo.

> **IL RIBALTAMENTO**
>
> Nella **programmazione tradizionale** diamo al computer *regole e dati*, e lui produce *risposte*.
>
> Nell'**apprendimento automatico** (*machine learning*) gli diamo *dati e risposte*, e lui

produce *le regole*.

Il risultato non è una risposta, ma un **modello**: un sistema capace di fare previsioni su dati nuovi, mai visti prima.

3.3 Tre modi di imparare

Non esiste un solo modo di imparare dai dati. Ce ne sono tre grandi famiglie, e i sistemi moderni le mescolano.

Tipo	Come impara	Analogia	A cosa serve
Supervisionato (*supervised*)	Ogni esempio arriva con la risposta corretta già scritta (l'*etichetta*).	Un insegnante che dà esercizi già risolti.	Classificare (spam / non spam) e prevedere valori (il prezzo di una casa).
Non supervisionato (*unsupervised*)	Nessuna etichetta: il modello trova da solo somiglianze e gruppi.	Un bambino che raggruppa i mattoncini per colore senza che nessuno glielo dica.	Raggruppare clienti per abitudini di spesa, documenti per tema.
Per rinforzo (*reinforcement*)	Un agente prova, riceve premi o penalità, e impara la strategia migliore.	Un cucciolo che impara un comando con i biscotti.	Robotica, guida autonoma, giochi. E l'allineamento dei chatbot.

Quest'ultima famiglia ha un'applicazione che ci riguarda da vicino: la tecnica **RLHF** (*Reinforcement Learning from Human Feedback*, apprendimento per rinforzo da feedback umano). In pratica delle persone valutano diverse risposte generate dal modello, e il modello impara a produrre risposte sempre più gradite. È uno degli ingredienti che rende un chatbot fluido e utile invece che scostante.

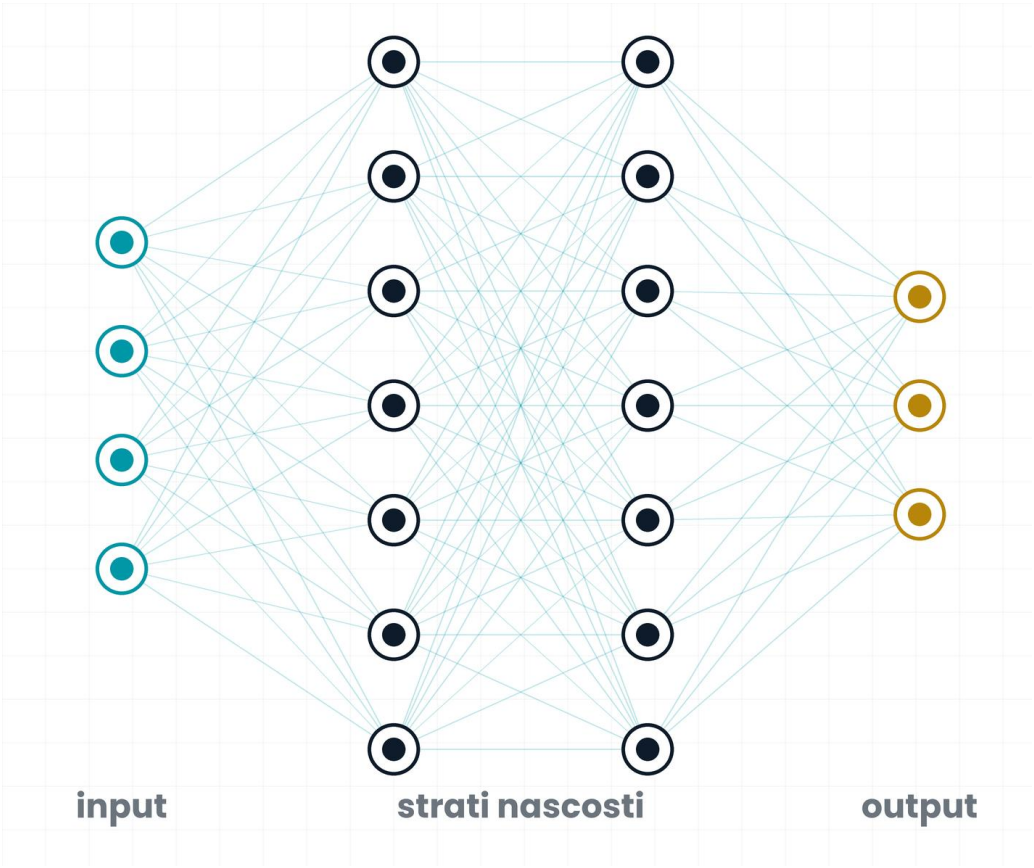
QUANDO IL PREMIO È PROGETTATO MALE

Un agente addestrato a vincere una regata in un simulatore imparò a non navigare affatto: girava in tondo in una zona del lago dove il simulatore aveva un difetto e assegnava punti all'infinito.

Non aveva capito che cosa volevamo. Aveva capito solo che cosa gli davamo. È la stessa cosa che succede quando scriviamo un prompt impreciso.

3.4 Reti neurali e deep learning

Il "macchinario" che trasforma i dati in apprendimento si chiama **rete neurale artificiale**. Il nome viene dalla biologia: il nostro cervello ha circa 86 miliardi di neuroni, ciascuno connesso a migliaia di altri.



Una rete neurale: i dati entrano a sinistra, attraversano gli strati nascosti e producono un risultato a destra.

Un **neurone artificiale** fa una cosa sola: prende in ingresso alcuni numeri, moltiplica ciascuno per un **peso** (che ne indica l'importanza), somma tutto, e se il risultato supera una certa soglia "si accende".

LA METAFORA DEL CINEMA

Un gruppo di amici deve decidere se andare al cinema. Ognuno esprime un parere, ma non tutti i pareri pesano uguale: quello di Chiara, che adora il cinema, conta molto; quello di Marco, che è pigro, conta poco. La decisione finale dipende dalla **somma pesata** dei pareri.

Un neurone artificiale funziona esattamente così: riceve segnali, li pesa, li somma e decide se attivarsi.

Collegando tanti neuroni in **strati** successivi si ottiene una rete. Quando gli strati sono molti — decine, centinaia — si parla di **deep learning**, apprendimento profondo. Ogni strato impara caratteristiche sempre più astratte: il primo riconosce bordi e angoli, il secondo li combina in forme, il terzo in parti di oggetti (un occhio, una ruota), quelli più profondi riconoscono l'oggetto intero.

La cosa notevole è che **nessuno ha programmato la rete per cercare gli occhi**. Li ha scoperti da sola, strato dopo strato, perché erano utili a distinguere un volto da qualsiasi altra cosa.

> **FINO A DOVE REGGE LA METAFORA DEL CERVELLO**
>
> Le reti neurali artificiali sono modelli *estremamente semplificati* del cervello. Un neurone biologico è una cellula viva, con una complessità chimica che il nostro "somma e attiva" non cattura minimamente. E il cervello impara con pochissimi esempi, mentre le reti ne richiedono milioni.
>
> Se prendiamo la metafora alla lettera, finiamo per attribuire alle macchine proprietà che non hanno, come la coscienza.

3.5 Pesi, parametri e funzione di perdita

Sono le tre parole che incontri in ogni articolo tecnico. Tradotte:

- **Peso**: un numero che dice quanto è importante una connessione. All'inizio i pesi sono casuali; durante l'addestramento quelli che portano a risposte giuste si rafforzano. Alla fine, **un modello di IA è letteralmente un insieme di pesi**.
- **Parametro**: tutti i numeri regolabili del modello, pesi inclusi. Quando leggi che un modello ha "175 miliardi di parametri", significa che contiene 175 miliardi di numeri che l'addestramento ha calibrato.
- **Funzione di perdita** (*loss*): il termometro dell'errore. Misura quanto la risposta del modello è lontana da quella giusta. L'addestramento consiste nel cercare i pesi che rendono questo numero il più piccolo possibile.

> **IL CAFFÈ PERFETTO**
>
> Vuoi imparare a fare l'espresso perfetto. Le variabili che puoi regolare — grammi di polvere, temperatura, pressione, tempo di estrazione — sono i **parametri**.
>
> Cominci a caso, assaggi, fa schifo. Dai un punteggio da 1 a 10: la distanza da quel punteggio perfetto è la **funzione di perdita**.

> Prendi appunti: «se alzo la temperatura diventa più amaro». Stai capendo in che direzione muoverti. Tazza dopo tazza correggi, e dopo centinaia di tentativi trovi la combinazione giusta: 18 grammi, 92 gradi, 9 bar, 25 secondi. Hai **addestrato il tuo modello di caffè**. E quando passi la ricetta a un amico, gli stai passando i pesi.

4. Che cosa succede quando scrivi a un chatbot

Mettiamo insieme tutti i pezzi e seguiamo il percorso di una frase, da quando la scrivi a quando leggi la risposta. Sono quattro passaggi.

4.1 Primo passaggio: i token

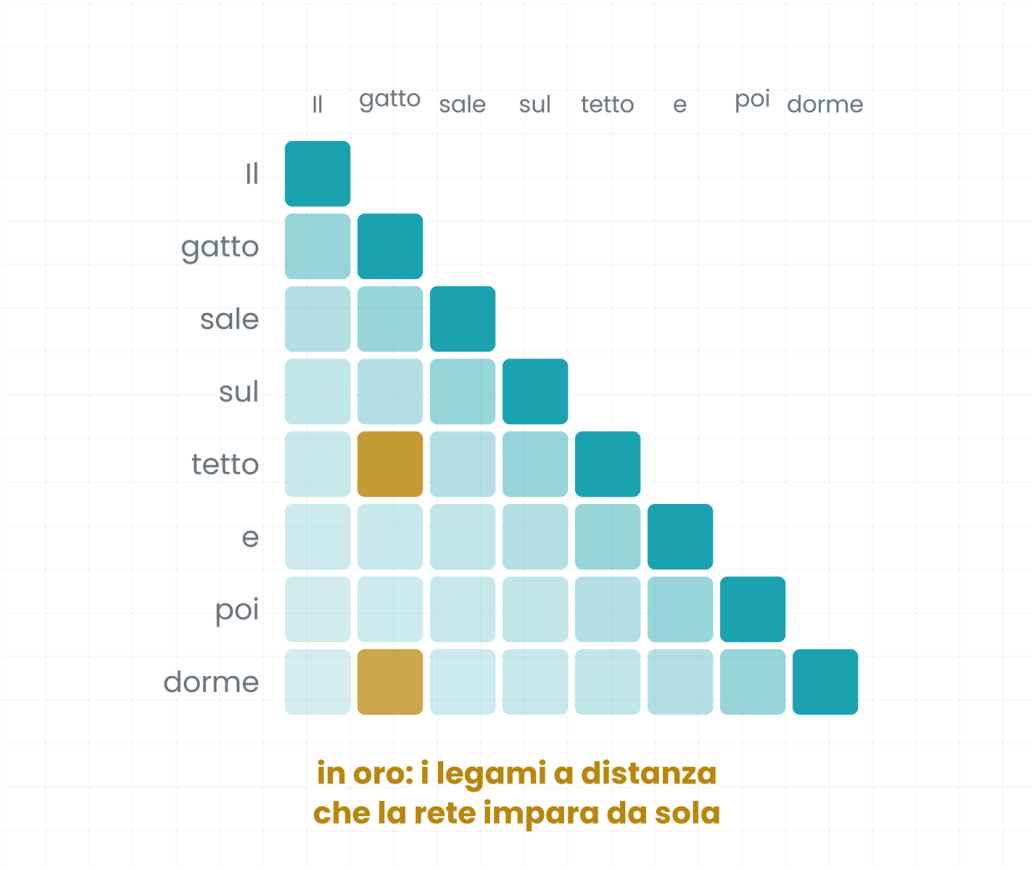
Il modello non lavora con le parole, ma con i **token**: pezzetti di testo, che possono essere una parola intera, una sillaba o un segno di punteggiatura. La prima cosa che succede alla tua frase è che viene spezzata in token.

4.2 Secondo passaggio: gli embeddings

Ogni token viene poi trasformato in una lunga serie di numeri, chiamata **embedding** (in italiano: *rappresentazione vettoriale*). Non è un codice arbitrario: token dal significato simile finiscono "vicini" in questo spazio numerico. È il modo in cui il significato diventa matematica.

4.3 Terzo passaggio: l'attenzione

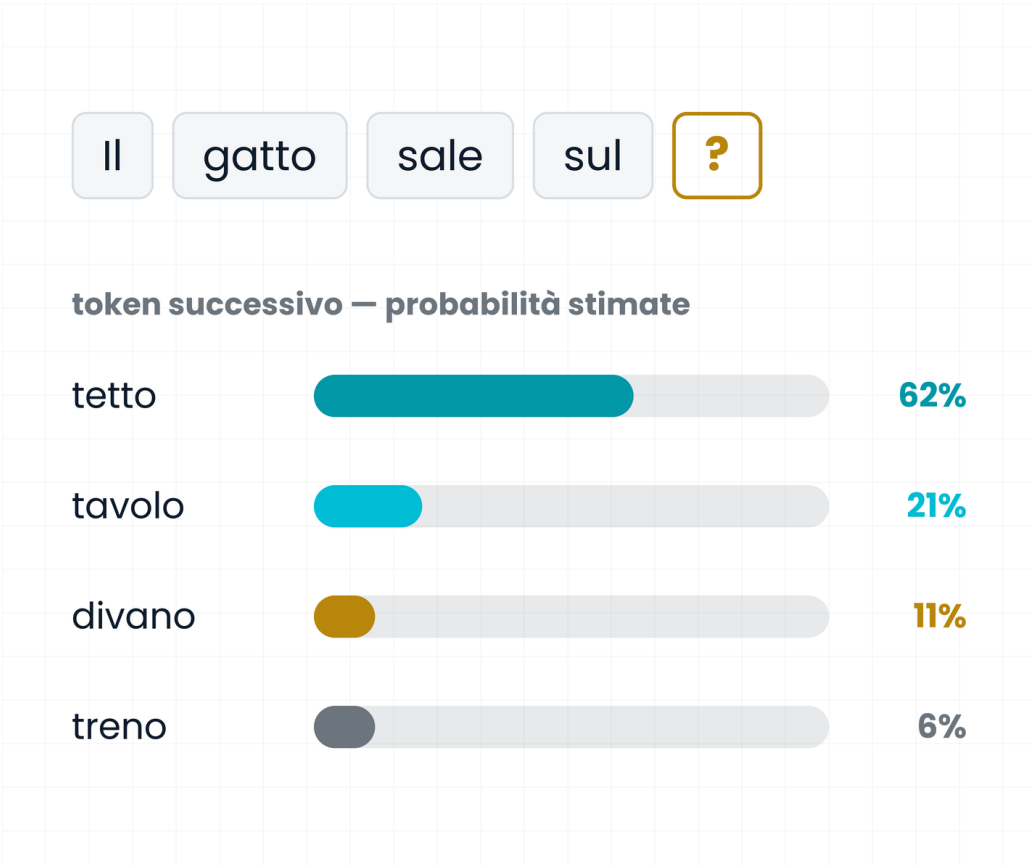
A questo punto entra in gioco il meccanismo di attenzione del Transformer. Ogni token viene messo in relazione con tutti quelli che lo precedono, e il modello impara da solo quali legami contano.



Ogni riga è un token che "guarda" i token precedenti. Più la casella è intensa, più quel legame pesa.

4.4 Quarto passaggio: la predizione

Infine il modello calcola, fra tutti i token possibili, quale ha la probabilità più alta di venire dopo. Lo sceglie, lo scrive, e ricomincia da capo con la frase allungata di un pezzo. Una parola alla volta, fino alla fine della risposta.



Il modello non sceglie la parola "giusta": sceglie quella più probabile. Le percentuali sono un esempio didattico.

IL PUNTO PIÙ IMPORTANTE DI QUESTA DISPENSA

Il modello **non capisce** la tua frase e **non sa** se quello che scrive è vero. Calcola quale token ha maggiore probabilità di seguire, con estrema precisione, su miliardi di parametri.

Da qui discende tutto: la fluidità delle risposte, ma anche le **allucinazioni** — risposte plausibili, ben scritte e completamente inventate. Il modello non sa di non sapere.

CHE COSA CAMBIA PER TE

Se la risposta è una **sequenza probabilistica**, allora il contesto che dai nel prompt orienta quella probabilità. Più il contesto è preciso, più la risposta è prevedibile e utile. È il motivo per cui dedicheremo un'ora intera al metodo CO-STAR per scrivere prompt.

E significa che su dati, nomi, cifre, date e norme **la verifica umana non è opzionale**: è parte del processo.

5. Le domande che arrivano sempre in aula

«L'IA può diventare cosciente?»

È la curiosità più diffusa, e nasce dal racconto cinematografico più che dalla tecnologia. La risposta sta nella distinzione del capitolo 1: quella che esiste oggi è IA debole, e gli LLM calcolano probabilità linguistiche. Non possiedono auto-consapevolezza. L'IA generale, quella dei film, è un'ipotesi di ricerca.

«Se sbaglia, di chi è la colpa?»

Di chi usa lo strumento. È un principio che nelle ore successive vedremo diventare anche una regola giuridica: la responsabilità di verificare resta sempre in capo alla persona.

«Conviene imparare a usarla o aspettare che si semplifichi?»

Si sta già semplificando, ed è proprio questo il motivo per cui conviene impararla adesso: lo strumento è alla portata di tutti, il vantaggio lo fa chi sa *che cosa* chiedergli. In Italia, nel 2025, solo il 19,9% delle persone fra 16 e 74 anni aveva usato strumenti di IA generativa nei tre mesi precedenti, contro una media europea del 32,7% (Eurostat). C'è spazio.

6. Esercitazione pratica dell'ora

Un esercizio da fare in aula, o da soli a casa. Serve a capire dove l'IA generativa conviene davvero e dove è solo moda.

Mappa tre processi che svolgi abitualmente al lavoro o nello studio. Scrivili nella tabella, poi classifica ciascuno secondo lo strumento più adatto.

Processo	Regole chiare e dati strutturati?	Strumento adatto	Perché
1.	Sì / No	algoritmo tradizionale / LLM	.....
2.	Sì / No	algoritmo tradizionale / LLM	.....
3.	Sì / No	algoritmo tradizionale / LLM	.....

COME SCEGLIERE

Algoritmo tradizionale (un foglio di calcolo, un gestionale): quando le regole sono chiare,

i dati sono strutturati e il risultato deve essere sempre identico a parità di input. Somme, scadenze, calcoli, controlli.

Modello generativo LLM: quando c'è di mezzo il linguaggio — scrivere, riassumere, riformulare, classificare testi, generare varianti — e un margine di variabilità è accettabile.

Se un processo ricade nel primo gruppo, usare l'IA generativa non lo migliora: lo rende solo meno prevedibile.

Glossario

Le parole che incontri in questa dispensa, spiegate in una riga. Tienilo a portata di mano: torneranno in tutte le ore successive del corso.

Termine	Che cosa significa
Algoritmo	Una sequenza finita di istruzioni precise che porta a un risultato. Una ricetta di cucina.
Allucinazione	Una risposta del modello sintatticamente corretta e plausibile, ma di fatto sbagliata o inventata.
Attention (attenzione)	Il meccanismo con cui un Transformer pesa l'importanza di ogni token rispetto a tutti gli altri.
Dataset	L'insieme dei dati usati per addestrare, validare e testare un modello.
Deep learning	Apprendimento profondo: reti neurali con molti strati, ciascuno dei quali riconosce caratteristiche più astratte del precedente.
Embedding	La rappresentazione di un token come serie di numeri. Token dal significato simile hanno embedding vicini.
GPU	Scheda grafica. Nata per i videogiochi, si è rivelata perfetta per i calcoli paralleli delle reti neurali.
IA debole (o ristretta)	L'unica IA che esiste oggi: sa fare un compito specifico e non trasferisce ciò che sa ad altri ambiti.
IA generale (AGI)	Ipotetica IA capace di affrontare qualsiasi problema come farebbe una persona. Non esiste.
Inferenza	La fase in cui il modello già addestrato risponde alle domande. Contrapposta all'addestramento.
LLM	*Large Language Model*, grande modello linguistico. Una rete neurale addestrata su enormi quantità di testo.
Machine learning	Apprendimento automatico: invece di scrivere le regole, si danno esempi e si lascia che il programma trovi le regole da solo.
Modello	Il risultato dell'addestramento: il sistema capace di fare previsioni su dati nuovi.
Parametro	Uno dei numeri regolabili del modello. GPT-3 ne aveva 175 miliardi.
Peso	Un numero che indica quanto conta una connessione fra due neuroni artificiali.
Prompt	Il testo che scrivi al modello: la richiesta, con il suo contesto.

Termine	Che cosa significa
RLHF	Apprendimento per rinforzo da feedback umano: persone valutano le risposte e il modello impara a produrne di più gradite.
Test di Turing	Prova proposta da Alan Turing nel 1950: se un giudice non distingue per iscritto una macchina da una persona, la macchina esibisce un comportamento intelligente.
Token	Il pezzetto di testo su cui lavora il modello: una parola, una sillaba, un segno di punteggiatura.
Transformer	L'architettura di rete neurale presentata nel 2017, basata sull'attenzione. È il cuore dei moderni LLM.

Per approfondire

Le fonti usate per costruire questa dispensa. Sono tutte pubbliche e consultabili: se un dato ti interessa, vai alla fonte e verificalo. È esattamente quello che chiediamo di fare anche all'intelligenza artificiale.

Il libro di riferimento del corso

Gianluca Bonomo, *Niente paura, è solo IA. La guida completa per capirla, usarla e restare umani*. In particolare i capitoli 1 (che cos'è l'IA), 2 (origini e storia) e 3 (come funziona).

L'articolo che ha dato il nome alla disciplina

J. McCarthy, M. Minsky, N. Rochester, C. Shannon, *A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence*, 1955.

Il test di Turing

A. M. Turing, *Computing Machinery and Intelligence*, Mind, 1950.

L'articolo che ha aperto l'era generativa

A. Vaswani et al., *Attention Is All You Need*, Google, 2017.

Dati sull'uso dell'IA in Europa

Eurostat, *32.7% of EU people used generative AI tools in 2025* (ec.europa.eu/eurostat). Italia al 19,9%, media UE 32,7%, persone fra 16 e 74 anni.

UNA NOTA SULLE DATE

Le norme sull'intelligenza artificiale cambiano in fretta. I dati normativi di questa dispensa sono verificati a **settembre 2026**. Prima di usarli in una decisione aziendale, controlla sempre la fonte ufficiale: il calendario dell'AI Act è già stato modificato una volta.