

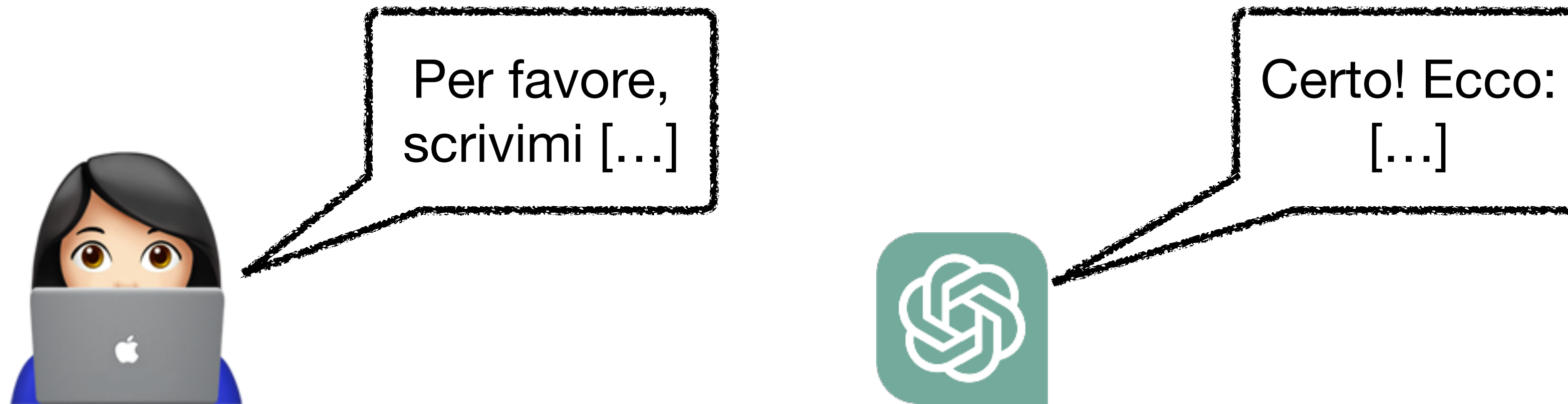
Neuroni e simboli: cosa ci insegna ChatGPT sull'intelligenza

Sebastian Goldt (SISSA, Trieste)

17 giugno 2026



ChatGPT: rivoluzione nell'uso dell'intelligenza artificiale



The Google engineer who thinks the company's AI has come to life

AI ethicists warned Google not to impersonate humans. Now one of Google's own thinks there's a ghost in the machine.

June 11, 2022

Washington Post (June 11th, 2022)

ChatGPT **pensa** davvero ?

ChatGPT **pensa** davvero ?

...o si limita a **riproporre** dei fatti?

“Le macchine possono pensare?”

E se sì, come?



Alan Turing
(Wikipedia)

I.—COMPUTING MACHINERY AND INTELLIGENCE

BY A. M. TURING

1. *The Imitation Game.*

I PROPOSE to consider the question, ‘Can machines think?’

Mind (1950)

Per costruire una macchina pensante, possiamo trarre
ispirazione da due diversi **prospettive** sull'intelligenza umana.

Due prospettive sull'intelligenza umana

Prospettiva **simbolica**

Simboli + regole

Matematica

$$12 + 3 = 15$$

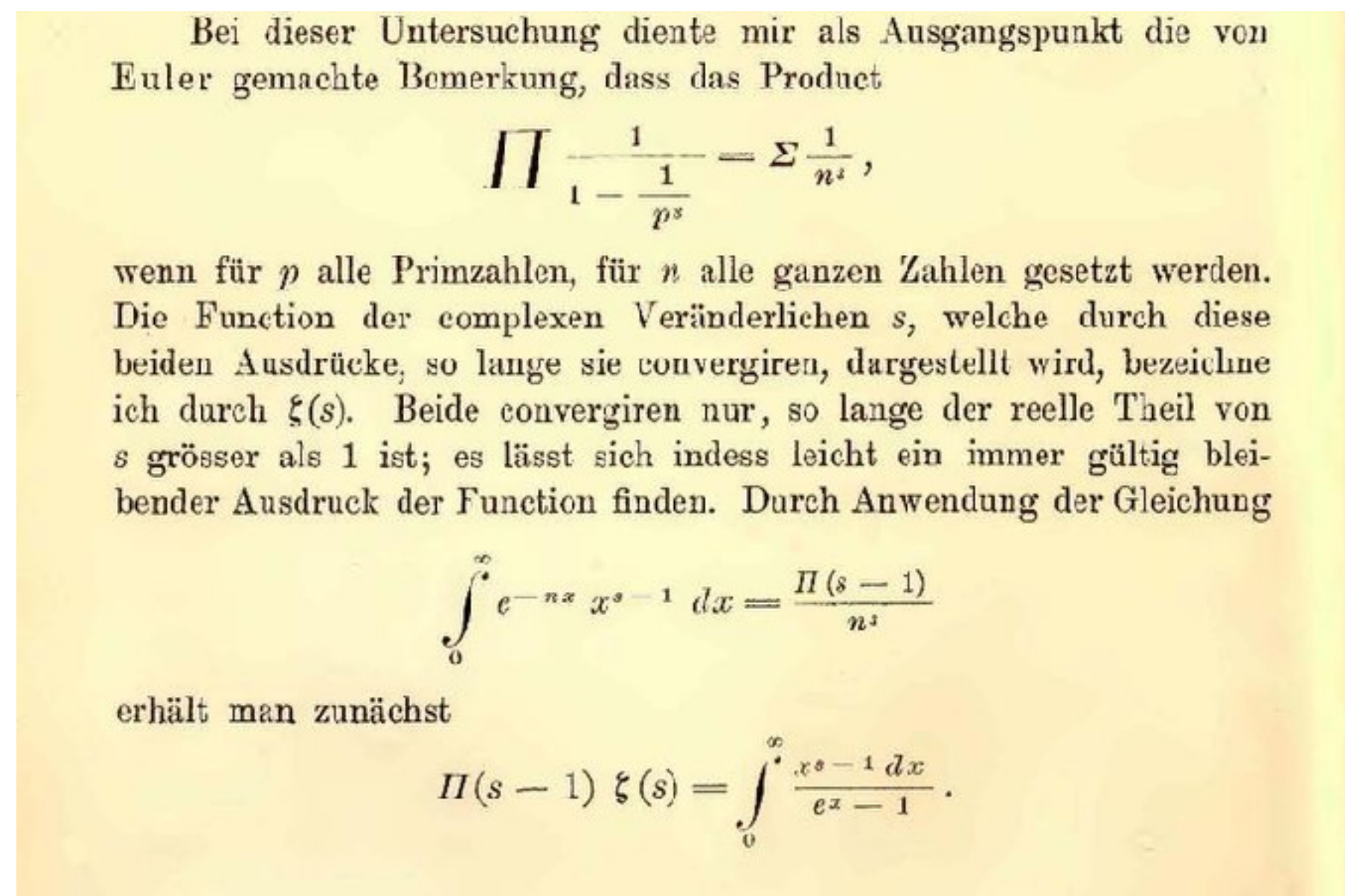
Linguaggio

1. Se è giorno, c'è luce. (implicazione: p , allora q)
2. Ma non c'è luce. (non q)
3. Dunque non è giorno. (conclusione)

Due prospettive sull'intelligenza umana

Prospettiva **simbolica**

Simboli + regole



B. Riemann, 1859

Prospettiva del **cervello**

Neuroni + sinapsi



C. Golgi, around 1873

Ogni prospettiva suggerisce un approccio diverso per l'intelligenza artificiale.

L'approccio simbolico dominava gli inizi dell'IA

Dagli anni 1950 agli anni 1980

- **“L'intelligenza è il risultato di manipolazione di simboli”**
Newell & Simon (Turing award 1976)
- Funziona bene quando **simboli** e **regole** sono fissi & espliciti
esempio: scacchi ✓
- **Problemi** su compiti piu' intuitivi



vs.



Bei dieser Untersuchung diene mir als Ausgangspunkt die von Euler gemachte Bemerkung, dass das Product

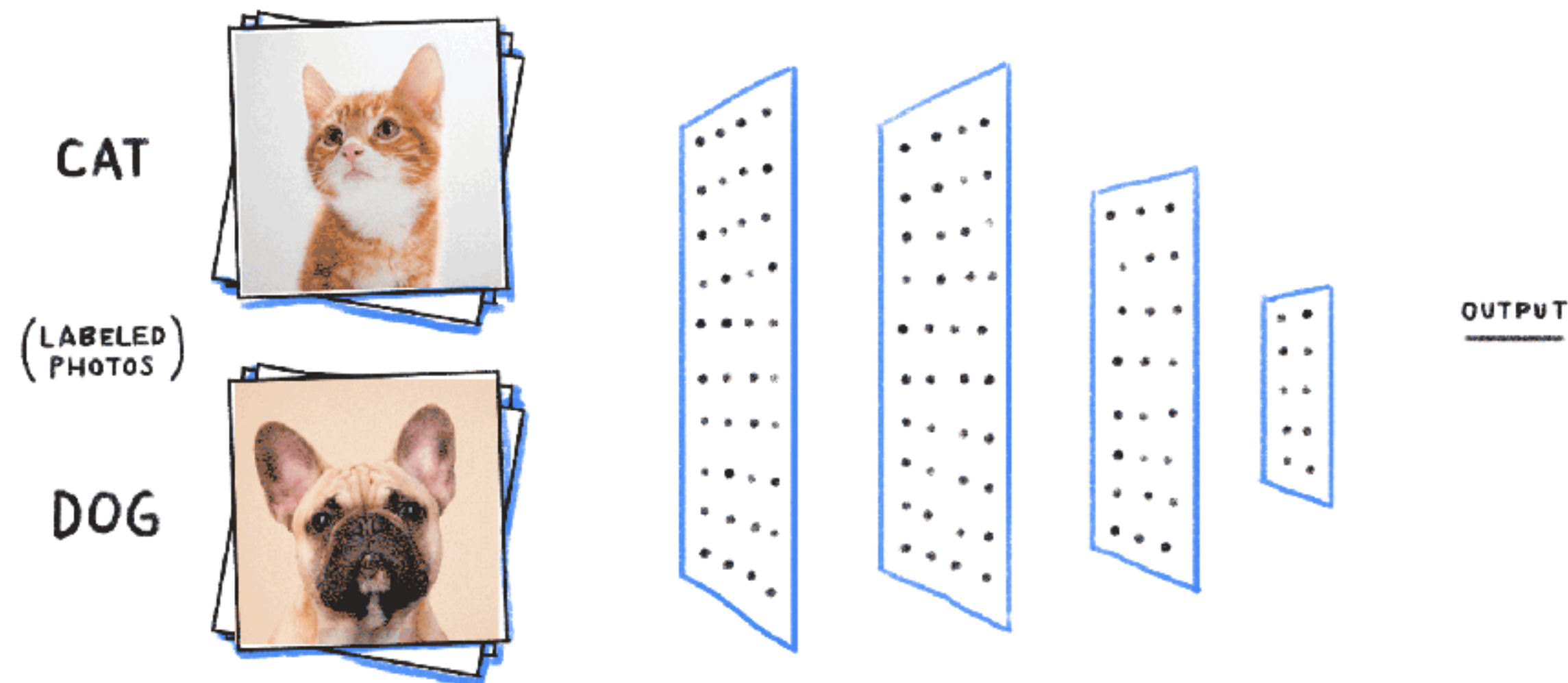
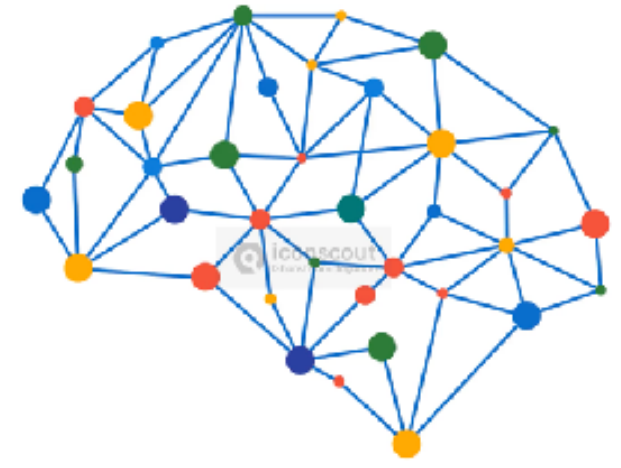
$$\prod \frac{1}{1 - \frac{1}{p^s}} = \sum \frac{1}{n^s},$$

Se non possiamo pensare come dei logici,
costruiamo **macchine che imparano come i cervelli !**



Un approccio alternativo

Neuroni invece di simboli; l'apprendimento invece delle regole

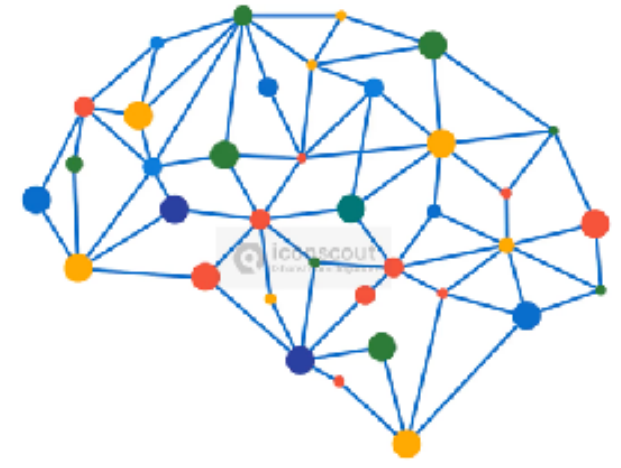


Animazione di Aakash Srivastava

- ▶ **Ispirati dal cervello** umano:
 - ▶ neuroni artificiali - neuroni biologici
 - ▶ “pesi” della rete - sinapsi tra neuroni
- ▶ **Nessune regole** esplicite!
- ▶ **Impara** modificando questi pesi, (un po) come si rafforzano o indeboliscono le sinapsi nel cervello...

Un approccio alternativo

Neuroni invece di simboli; l'apprendimento invece delle regole

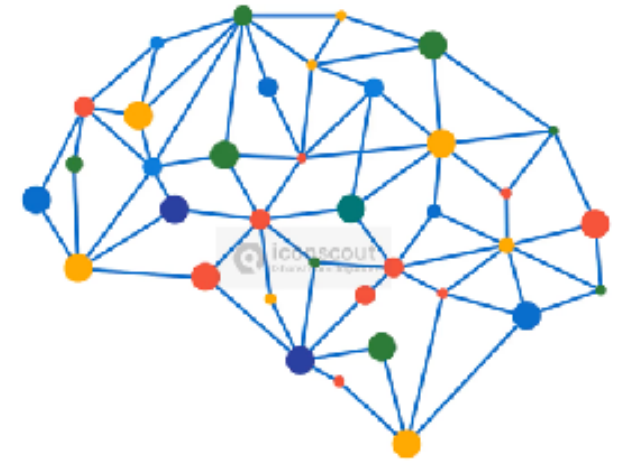


Impara a predire la **prossima parola** in pezzi di testo:

Quel ramo del lago di _?_

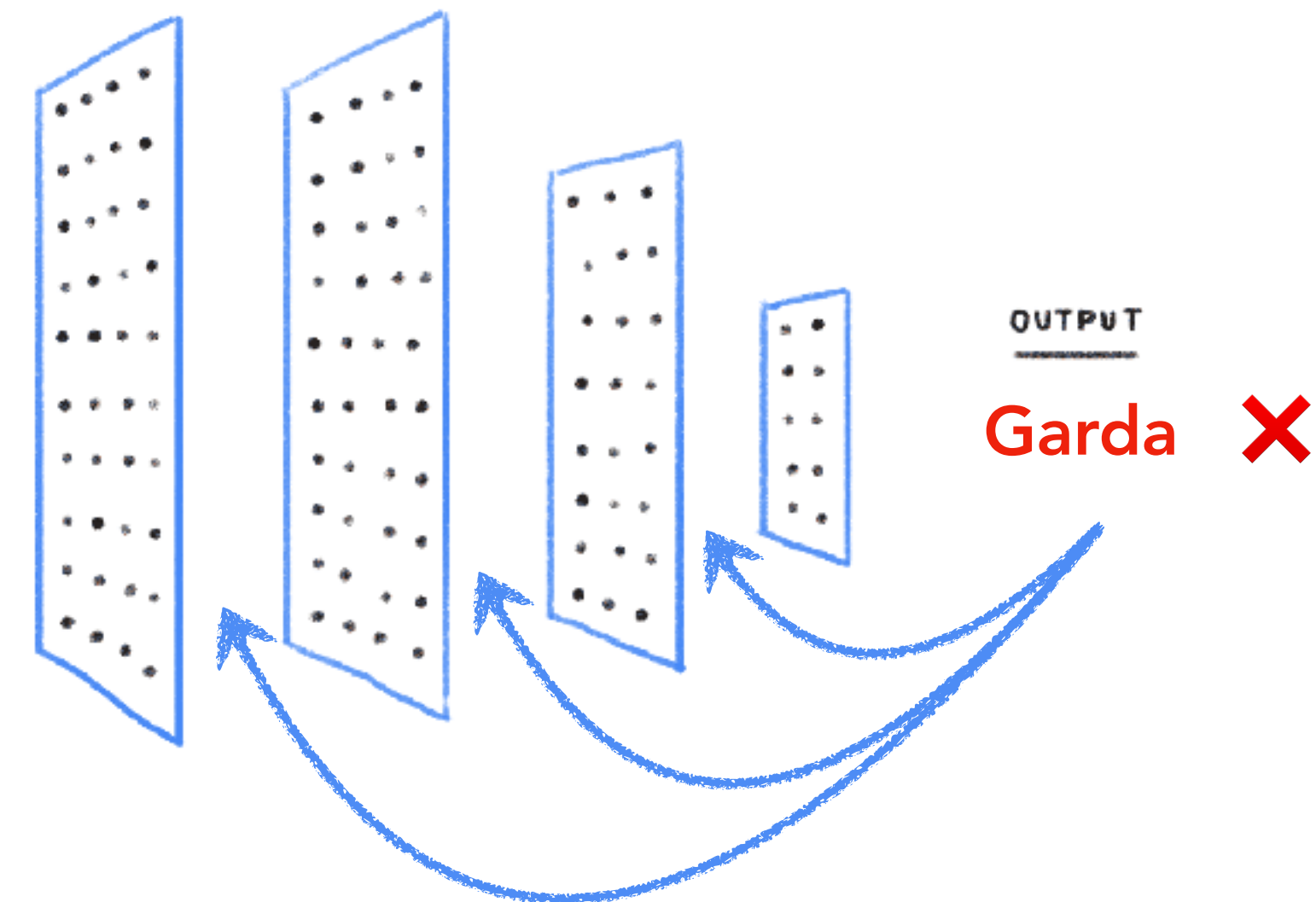
Un approccio alternativo

Neuroni invece di simboli; l'apprendimento invece delle regole



Impara a predire la **prossima parola** in pezzi di testo:

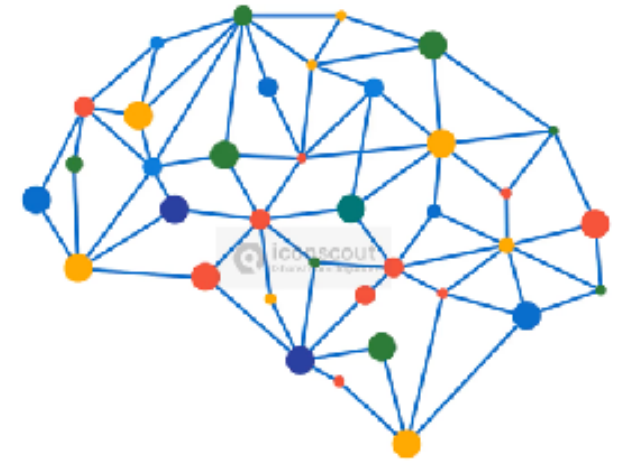
Quel ramo del lago di _?_



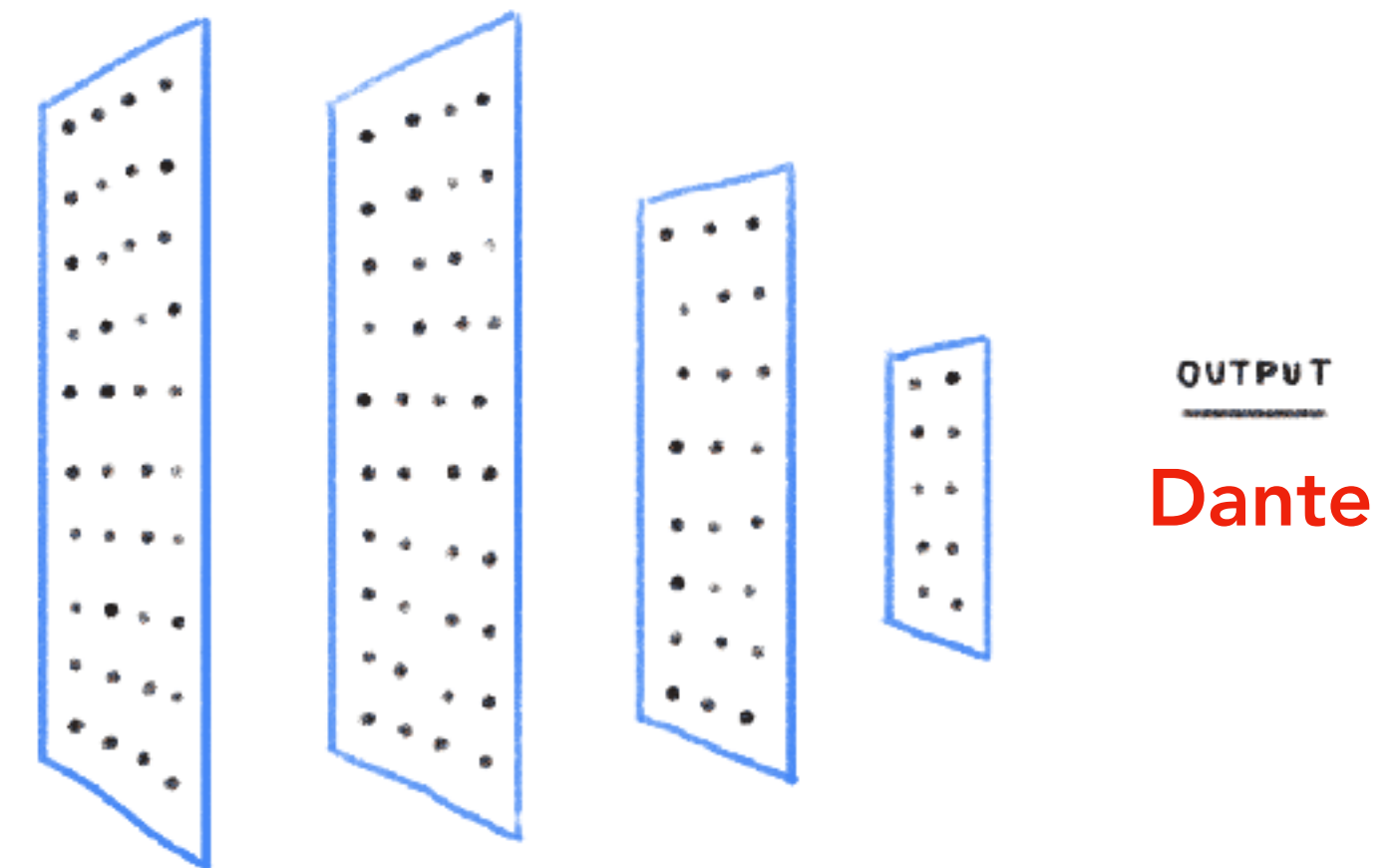
Cambiamo i pesi!

Un approccio alternativo

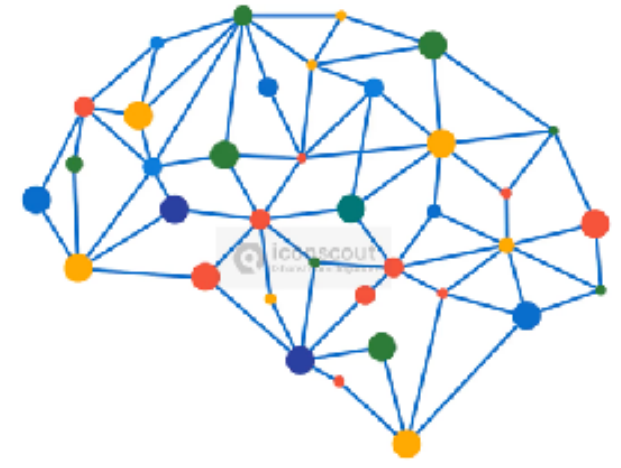
Neuroni invece di simboli; l'apprendimento invece delle regole



- Adesso possiamo rispondere alle domande.
 - Dato una domanda:
Chi ha scritto la "Divina Commedia"?
 - La rete sceglie la parola **più probabile**:
Chi ha scritto la "Divina Commedia"? Dante
 - Ripetiamo:
Chi ha scritto la "Divina Commedia"? Dante Alighieri etc



Un approccio alternativo



Neuroni invece di simboli; l'apprendimento invece delle regole

- Primi esperimenti dagli anni '80;
Elman (1990): 29 parole, 10 000 frase.
- Un approccio **puramente statistico** —
niente regole, niente grammatica!

Finding Structure in Time

JEFFREY L. ELMAN

University of California, San Diego

Cognitive Science **14**, 179-211 (1990)



“Imparare il linguaggio in
questo modo è **impossibile** —
ci vuole una struttura dedicata!”

Noam Chomsky

Arriva ChatGPT...

Entra ChatGPT, un nuovo tipo di rete neurale

La fluidità della scrittura, la grammatica, le competenze matematiche, **emergono** da un approccio statistico... su **larga scala**.



Ossia la **forza bruta**:



zuck  18/01/2024

We're building a massive amount of infrastructure. At the end of this year, we'll have ~350k Nvidia H100s -- and overall ~600k H100 equivalents of compute if you include other GPUs

 370  33  

Riepilogo mercato > NVIDIA

112,82 EUR

[+ Segui](#)

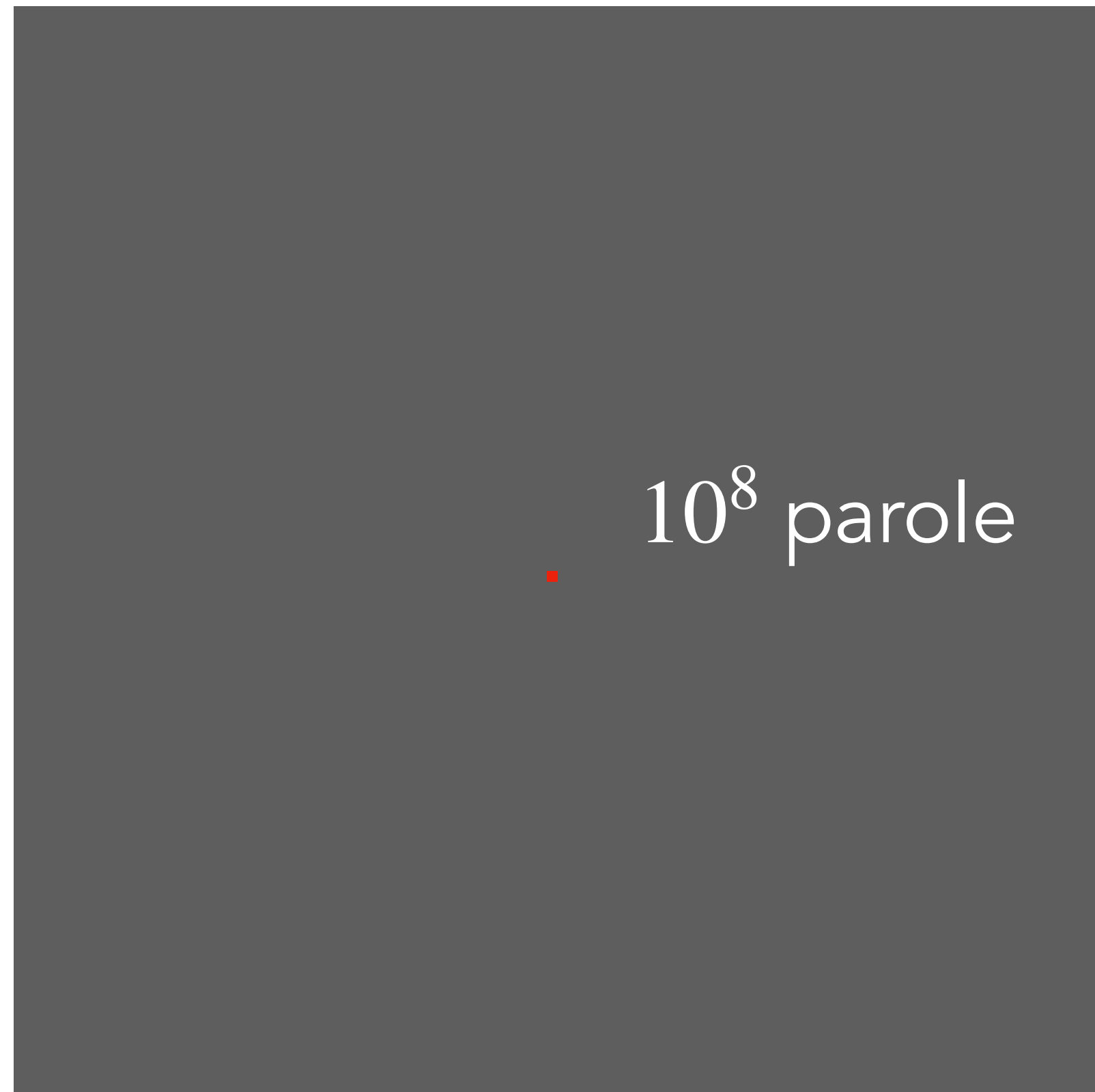
+106,99 (1.835,16%) ↑ ultimi 5 anni

24 mar, 17:35 CET • Limitazione di responsabilità



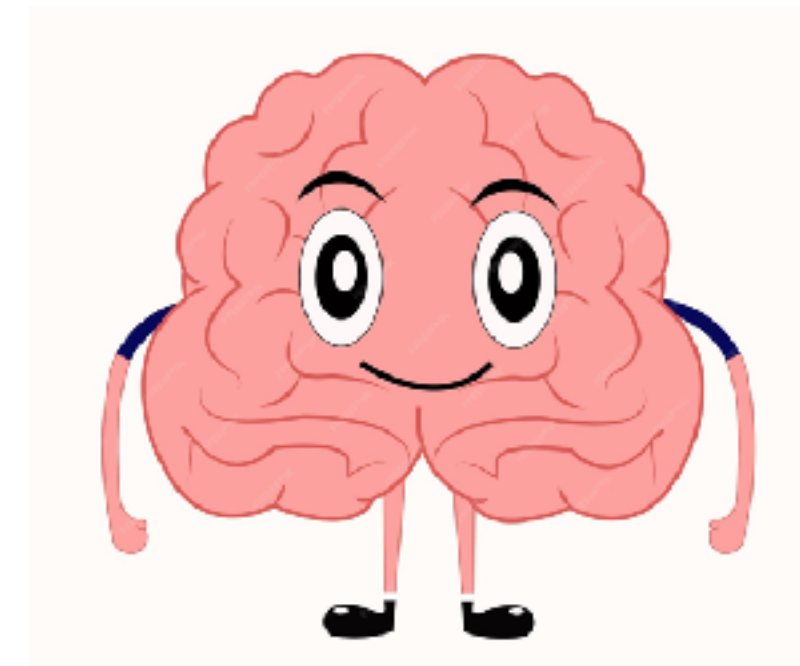
Entra ChatGPT, un nuovo tipo di rete neurale

Tanti dati



Data from Surya Ganguli, Stanford

Tanta energia



~20 Watts



~100 Watts



~10 **M** Watts

10^{18} parole

I limiti dei modelli di linguaggio

Essendo modelli puramente statistici, permangono importanti limitazioni



Per favore conta le vocali nella frase:

Quel ramo de lago di Como, che volge a mezzogiorno, tra due catene non interrotte di monti, tutto a seni e a golfi, a seconda dello sporgere e del rientrare di quelli, vien, quasi a un tratto a restringersi,

[...]



Conteggio delle vocali:

Vocali	Occorrenze		Risposta giusta
a	65	✗	49
e	72	✗	60
i	48	✗	58
o	50	✗	45
u	18	✗	19
Totale	253		

I limiti dei modelli di linguaggio

Essendo modelli puramente statistici, permangono importanti limitazioni



Please write a python code that takes in a string and counts the vowels



Sure! Here's a simple Python function that takes a string as input and counts the number of each vowel:

python

 Copia

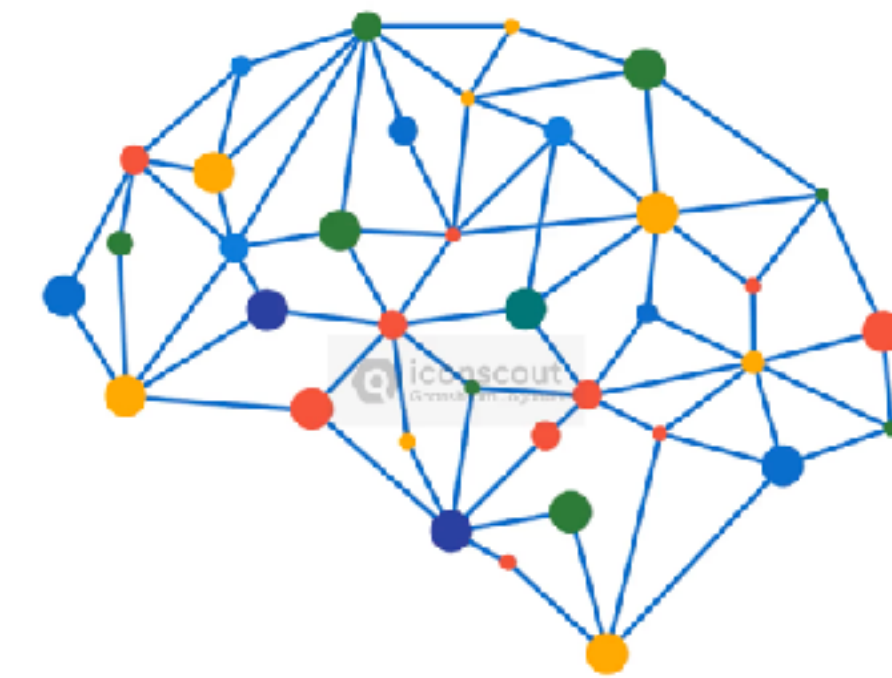
 Modifica

```
def count_vowels(text):  
    vowels = "aeiou"  
    text = text.lower() # Make it case-insensitive  
    vowel_counts = {v: 0 for v in vowels}  
  
    for char in text:  
        if char in vowel_counts:  
            vowel_counts[char] += 1  
  
    return vowel_counts
```

Conclusione

Ma ChatGPT pensa davvero?

- ▶ ChatGPT & Co **predicono la prossima parola** in pezzi di testo, né più...
- ▶ ... né meno: questo approccio, applicato su una **scala enorme**, ha superato tutte le aspettative.
- ▶ Permangono **importanti limitazioni**; però i **limiti** di questa tecnologia non sono ancora chiari.



Bei dieser Untersuchung diene mir als Ausgangspunkt die von Euler gemachte Bemerkung, dass das Product

$$\prod \frac{1}{1 - \frac{1}{p^s}} = \sum \frac{1}{n^s},$$

wenn für p alle Primzahlen, für n alle ganzen Zahlen gesetzt werden. Die Function der complexen Veränderlichen s , welche durch diese beiden Ausdrücke, so lange sie convergiren, dargestellt wird, bezeichne ich durch $\xi(s)$. Beide convergiren nur, so lange der reelle Theil von s grösser als 1 ist; es lässt sich indess leicht ein immer gültig bleibender Ausdruck der Function finden. Durch Anwendung der Gleichung

$$\int_0^\infty e^{-nx} x^{s-1} dx = \frac{\Pi(s-1)}{n^s}$$

erhält man zunächst

$$\Pi(s-1) \xi(s) = \int_0^\infty \frac{x^{s-1} dx}{e^x - 1}.$$

AI in Medicina

Un esempio concreto sul tumore ovarico



Università di Bologna

Federica Gerace



SynDiag s.r.l.: AI per la medicina

Storie vere, non algoritmi

Tipicamente...

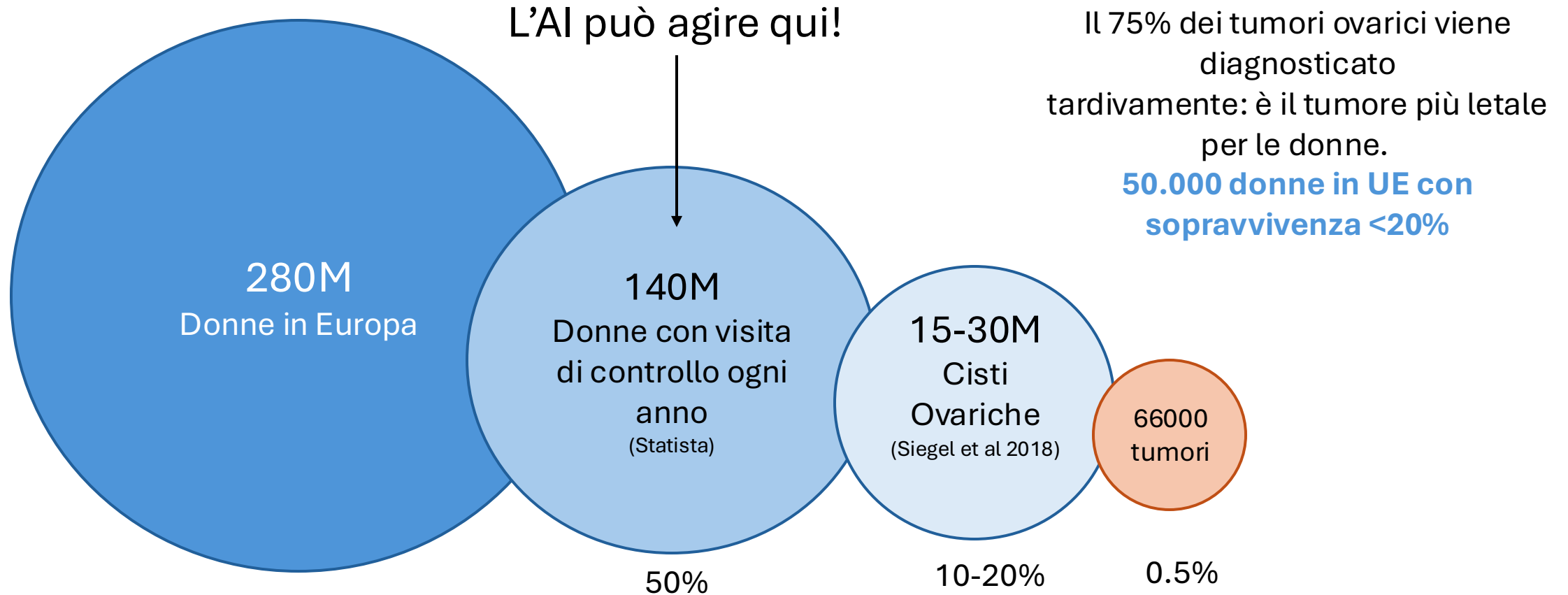
- Sintomi vaghi o quasi assenti
- Lunghi percorsi clinici
- Centri di eccellenza

Però il tempo è fondamentale!

Abbiamo necessità di **diagnosi precoci!**



Incidenza del tumore ovarico



Perché la medicina ha bisogno dell'AI?

- **Dati in crescita**

Moltitudine di esami, immagini, referti, anamnesi...

- **Tempo limitato**

Medici e sistemi sotto pressione

- **Variabilità clinica**

Esperienze diverse tra i centri, scarsa concordanza tra i medici...

- **Diagnosi tardive**

Spesso l'identificazione di un tumore avviene molto tardi

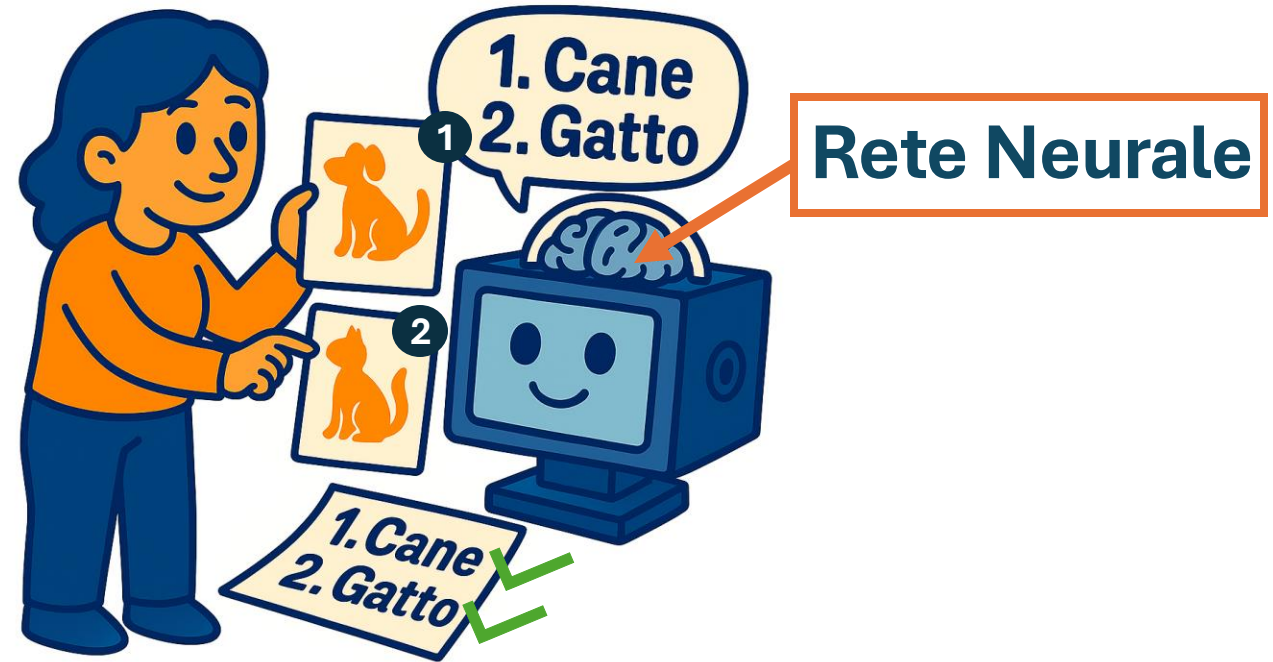
L'opportunità: Usare l'AI come secondo sguardo o opinione

Ma come funziona l'AI?



Prima dell'AI Moderna

Regole scritte dagli esperti

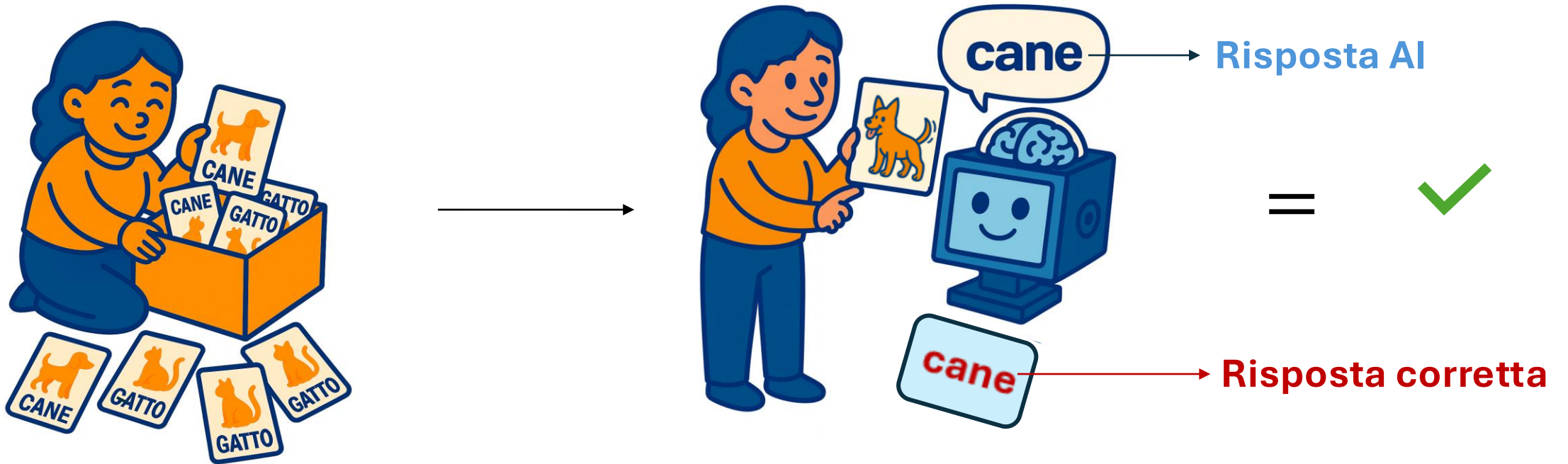


Con l'AI Moderna

Impara per esempi

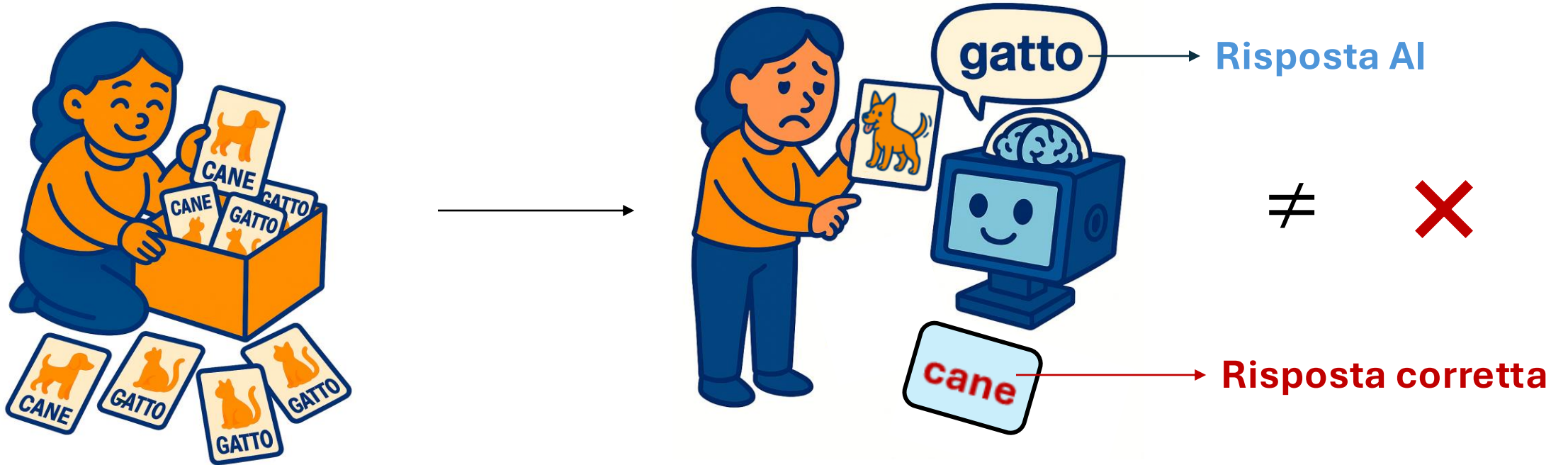
Ma come impara l'AI?

Per Esempi!



Ma come impara l'AI?

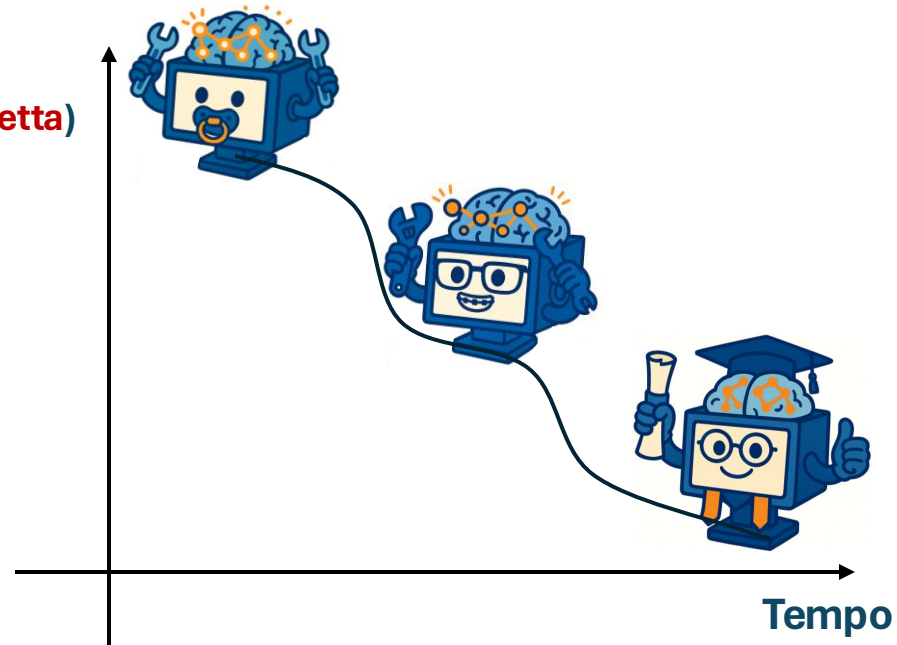
Per Esempi!



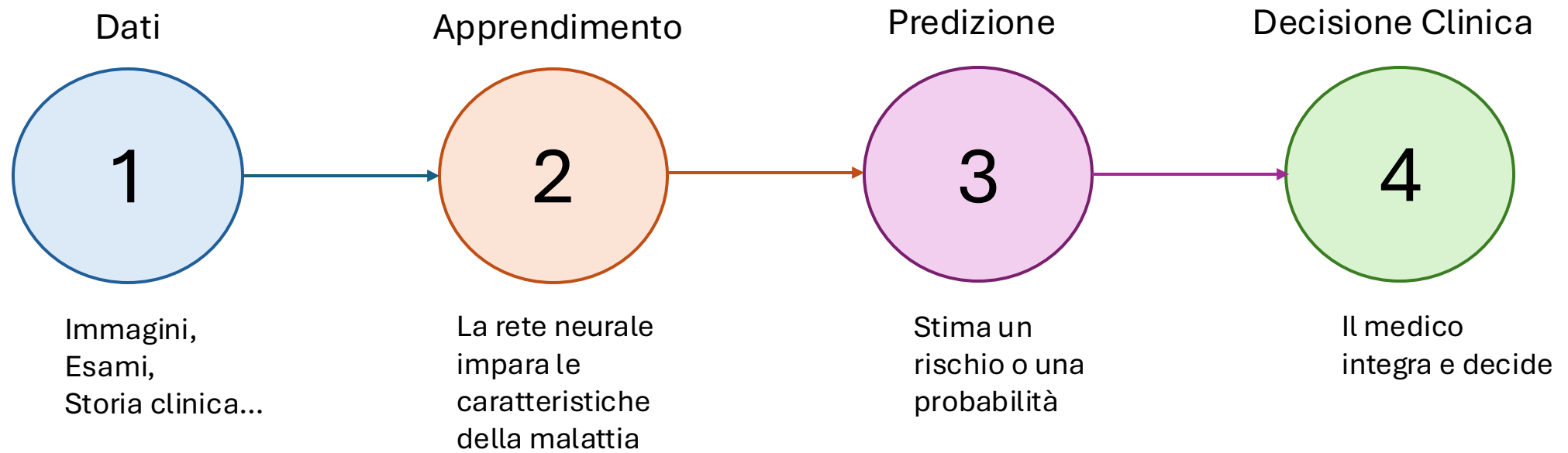
Ma come impara l'AI?

L'AI confronta la sua risposta con quella corretta e modifica la rete neurale per sbagliare meno la volta dopo.

Numero di Errori sugli Esempi
(Errore: **Risposta AI** $\neq$ **Risposta Corretta**)

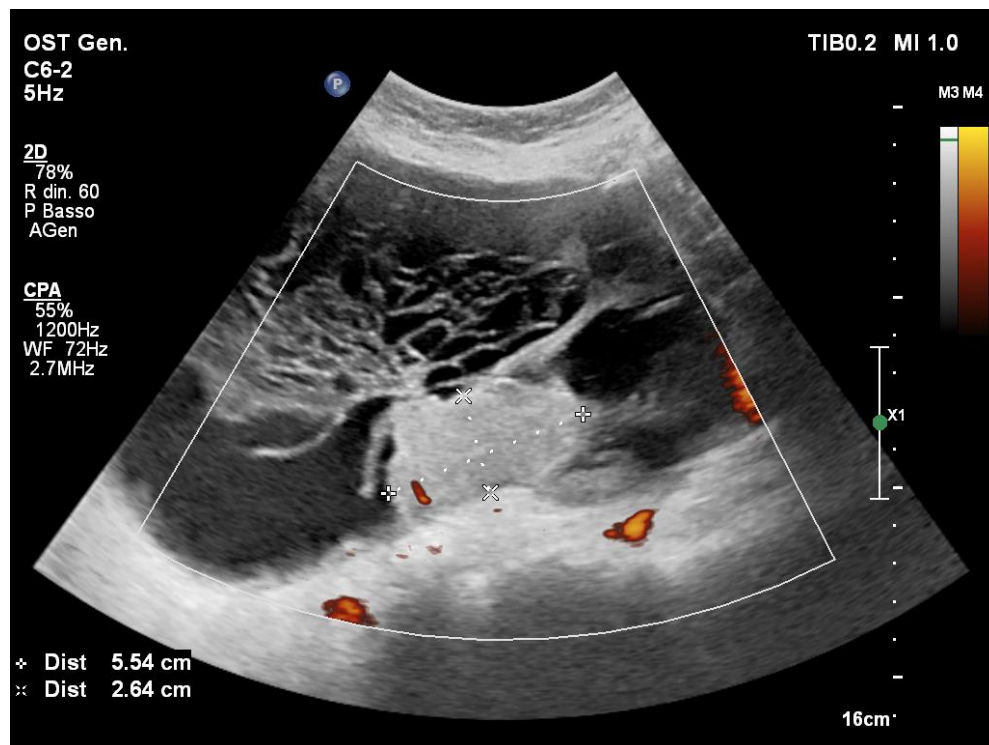


Cos'è davvero l'AI in medicina?

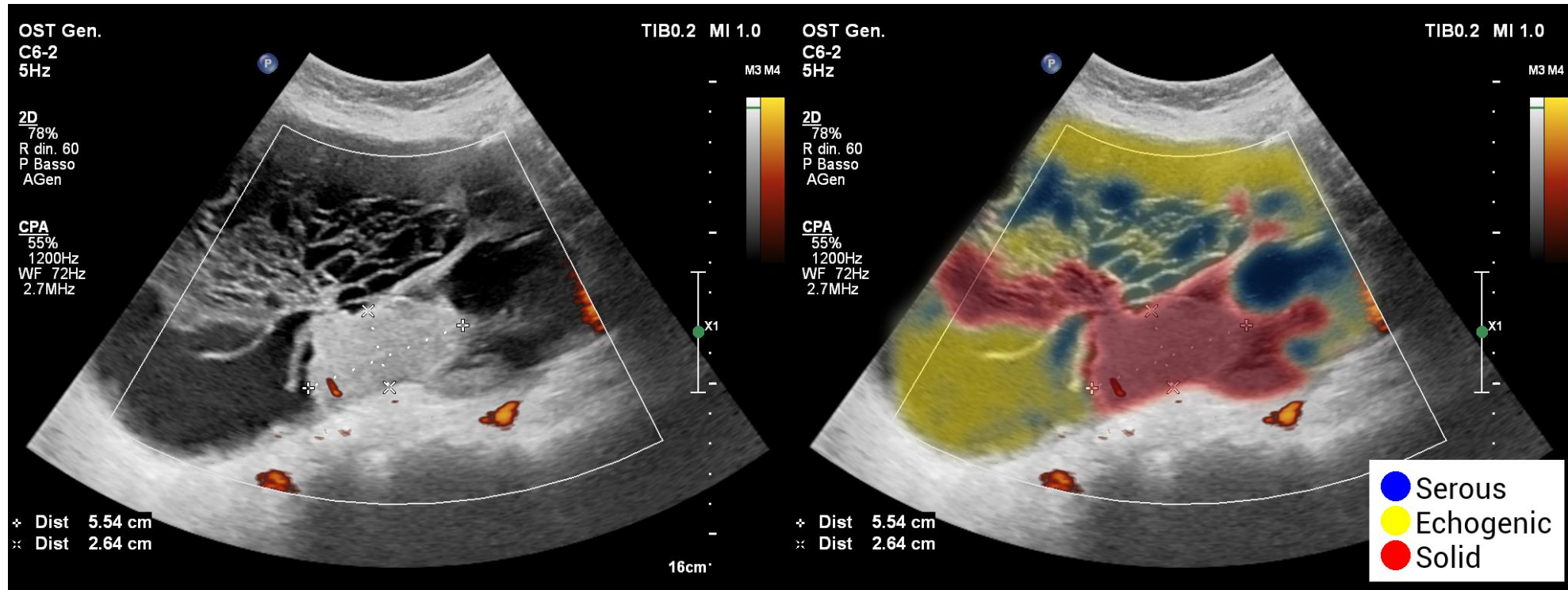


L'AI è un **supporto**, non sostituisce il medico!

Supporto Clinico



Supporto Clinico



Supporto Clinico

Morfologia completa

Campi da compilare manualmente:

Tipo di lesione
Cistico

Classificazione morfologica
Uniloculare

Color score
1

Coni d'ombra
No

Ascite
No

Diametro massimo(mm)
170

Diametro della componente sol...
0

Numero di papille
0

Numero di loculi
1

Omogeneità
No

Ecogenicità
Low level

Margini
Regolari

Bilateralità
No

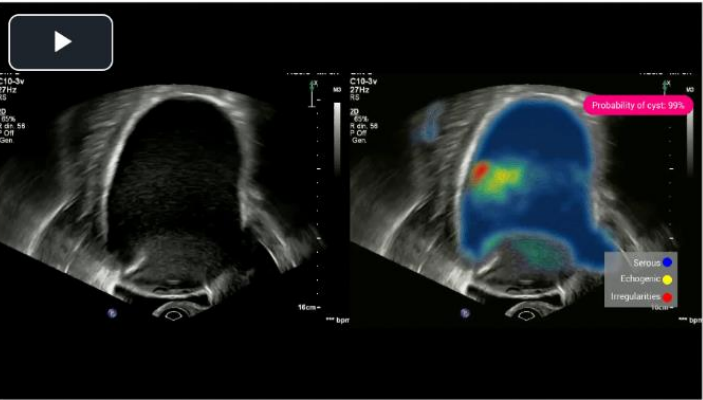
Chiudi

Calcola la biopsia virtuale

Diagnosi	
Maligno	
Biopsia Virtuale	
serous_cystadenoma	41%
mucinous_cystadenoma	39%
dermoid	11%
teca-fibroma_group	5%
endometrioma	3%

Morfologia completa

Video completo



Salva immagine



SynDiag

Un limite pratico: Pochi esempi disponibili



cane



gatto



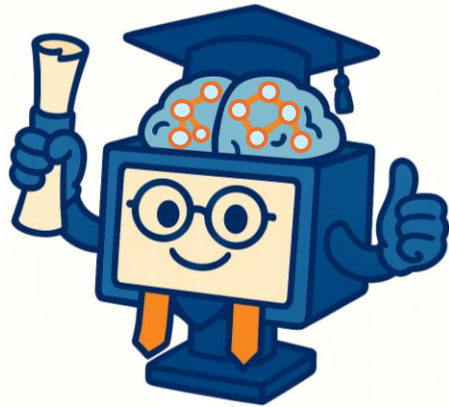
???



???

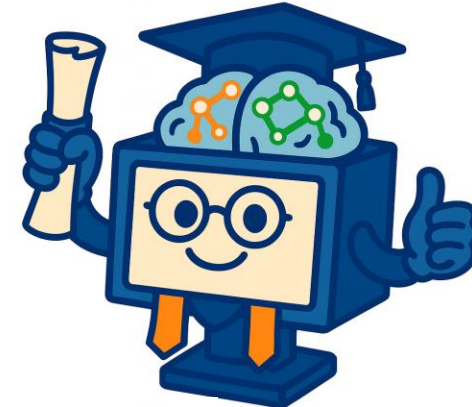
Imparare cose nuove senza dimenticare

Prima: Impara da molti esempi



Usa ciò che ha già imparato

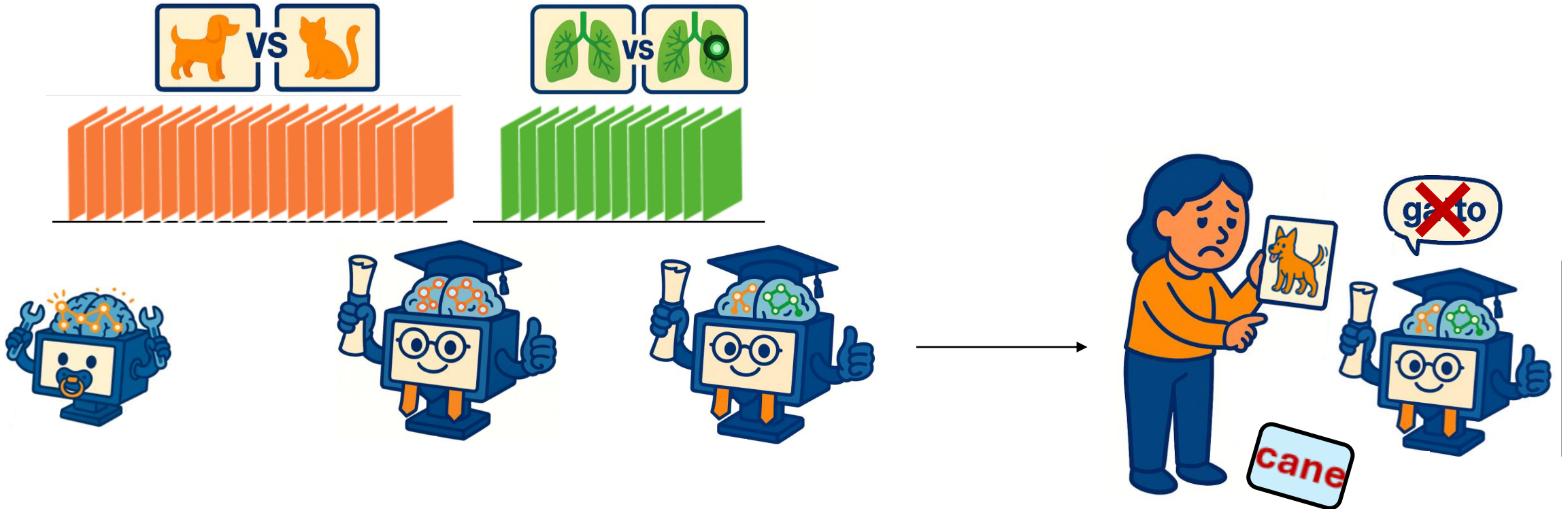
Poi: Affronta casi con pochi esempi



Specialmente in medicina deve migliorare nel tempo senza perdere competenze già acquisite!

Imparare senza dimenticare

Se aggiornata male, l'AI può imparare cose nuove ma può peggiorare su cose già apprese!

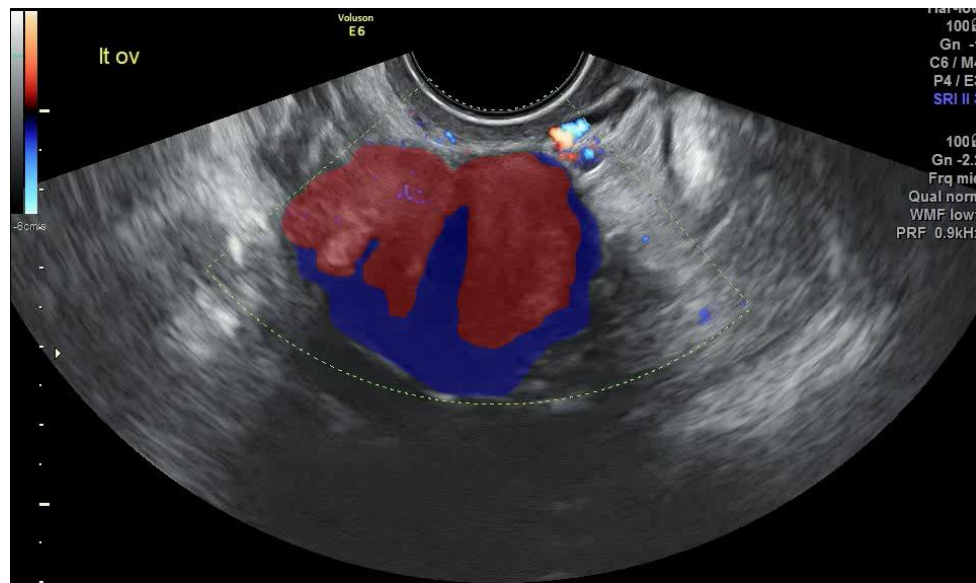


Ora vediamo cosa significa tutto questo in un caso reale.

Un esempio nel caso del tumore ovarico

Prima: La rete impara a riconoscere il tumore ovarico dalle ecografie

Risposta corretta: Tumore Disegnato dal Medico



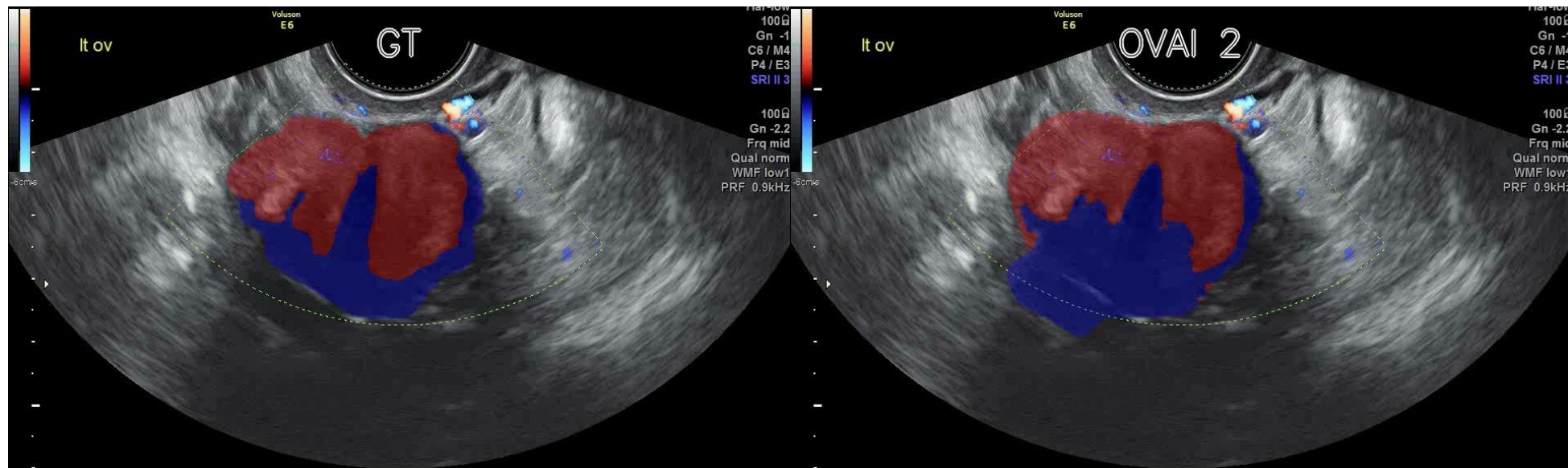
- Area solida del tumore
- Area liquida del tumore

Un esempio nel caso del tumore ovarico

Prima: La rete impara a riconoscere il tumore ovarico dalle ecografie

Risposta corretta: Tumore Disegnato dal Medico

Risposta AI: Tumore Disegnato dall'AI



- Area solida del tumore
- Area liquida del tumore

Un esempio nel caso del tumore ovarico

Dopo: Impara ad individuare l'ovaio sano

Risposta corretta: Ovaio Sano Disegnato dal Medico

Risposta AI: Ovaio Sano Disegnato dall'IA



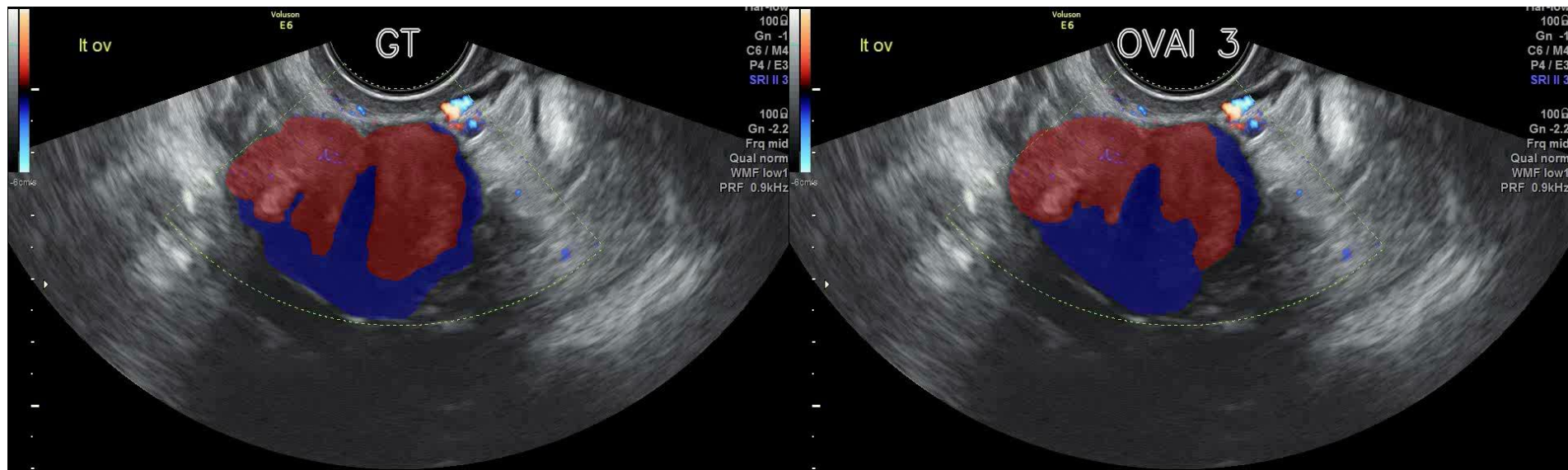
— Ovaio Sano

Un esempio nel caso del tumore ovarico

Se aggiornata male, può peggiorare nel riconoscere il tumore.

Risposta Corretta: Tumore Disegnato dal Medico

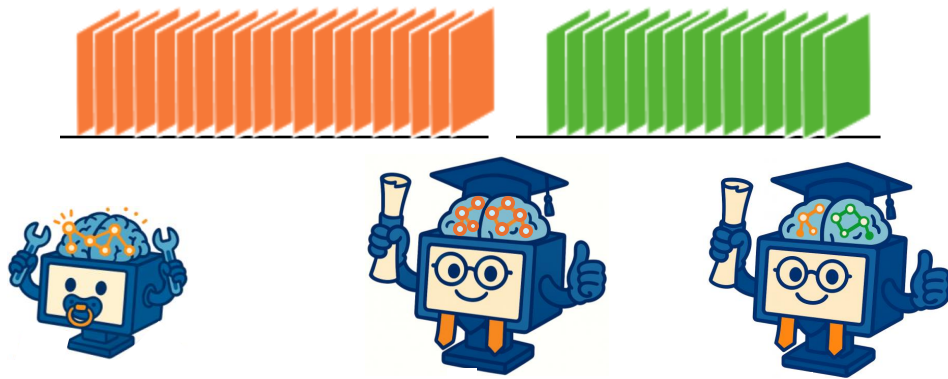
Risposta AI: Tumore disegnato dall'IA dopo l'ovaio sano



- Area Solida del Tumore
- Area Liquida del Tumore
- Ovaio Sano

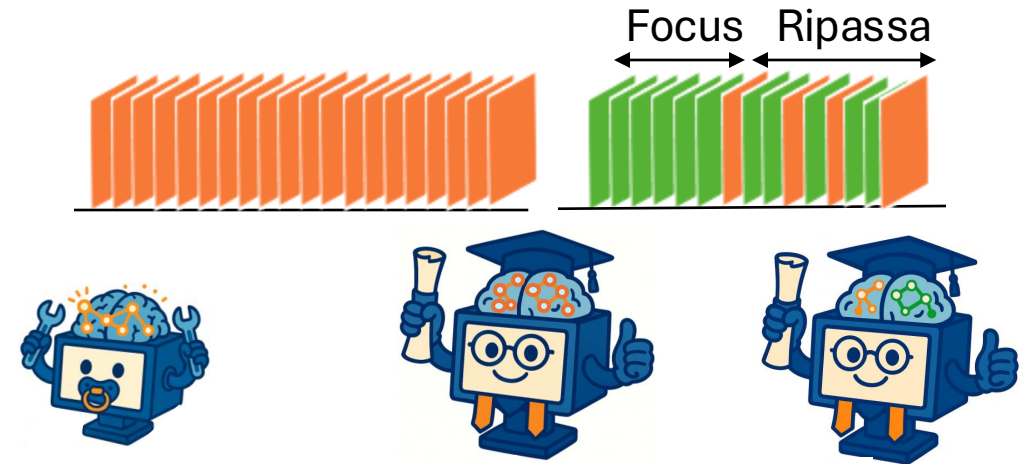
La soluzione: Focus e poi...Ripasso

Solo focus sul nuovo compito



Rischia di dimenticare quello che già sapeva

Focus + Ripasso del vecchio



Riduce il rischio di dimenticanza

Rischi e Limiti

Bias

dati non rappresentativi

Falsi risultati

positivi o negativi

Privacy

dati sensibili da proteggere

Responsabilità

chi decide e chi risponde?

La domanda non è: **l'AI sbaglia?**

Ma è: **come la validiamo, la miglioriamo e la usiamo responsabilmente?**

Cosa serve per fidarsi dell'AI?

La fiducia è un percorso: tecnica + clinica + regolatorio + cultura.

- Validazione clinica su dati indipendenti.
- Trasparenza sugli obiettivi e sui limiti.
- Integrazione semplice nel lavoro del medico.
- Monitoraggio dopo l'adozione.
- Coinvolgimento di pazienti e professionisti.
- Le scienze dure (Fisica, Matematica, Informatica).
- Petizione su **change.org** (**Giorgio Parisi**)



Il vero prodotto **non è solo un modello**: è un sistema affidabile dentro il percorso di cura.

Verso il futuro

L' AI in medicina non sostituisce l'umano:
amplifica la capacità di curare!

Call to action: Costruire strumenti validati, equi e davvero utili nel percorso clinico.