

# 100 domande

Collana diretta da Daniele Berto



# **Intelligenza artificiale per psicologi e psichiatri**

**Graziella Orrù e Giuseppe Sartori**



100 domande

# Intelligenza artificiale per psicologi e psichiatri

Graziella Orrù e Giuseppe Sartori

ISBN: 979-12-81075-33-7

---

## Come utilizzare questo libro

Nelle pagine che seguono troverete le seguenti icone:

|  |                  |   |
|--|------------------|---|
|    | <b>glossario</b> | rinvia a un termine o a un contenuto spiegato nel glossario alla fine del volume; la parola o l'espressione cui la voce si riferisce è ombreggiata nel testo, o riportata sotto l'icona |
|    | <b>freccia</b>   | suggerisce di leggere la risposta alla domanda con quel numero per avere una visione più completa dell'argomento  |
|   | <b>link</b>      | suggerisce la consultazione del sito web indicato   |
|  | <b>YouTube</b>   | suggerisce la visione di un video su YouTube  |

*Nota: tutti i link a pagine web riportati nel testo sono stati verificati al momento di andare in stampa.*

© 2025, Hogrefe Editore  
Viale Antonio Gramsci 42, 50132 Firenze  
[www.hogrefe.it](http://www.hogrefe.it)

Coordinamento editoriale: Jacopo Tarantino  
Redazione: Corso Tarantino  
Impaginazione e copertina: Stefania Laudisa

Tutti i diritti sono riservati. È vietata la riproduzione dell'opera o di parti di essa con qualsiasi mezzo, compresa stampa, copia fotostatica, microfilm e memorizzazione elettronica, se non espressamente autorizzata dall'Editore.

---

# Presentazione

L'intelligenza artificiale (AI) sta vivendo una crescita tumultuosa e per certi aspetti disordinata e ha iniziato a rivoluzionare settori chiave della società. Quello attuale rappresenta un momento cruciale per la sua diffusione e integrazione nelle attività professionali. Con investimenti globali significativi e un mercato in rapida espansione, la AI sta diventando una tecnologia pervasiva, destinata a trasformare profondamente anche il campo della psicologia clinica, giuridica e del lavoro e della ricerca. Tuttavia, questa evoluzione solleva interrogativi complessi: quale sarà l'impatto reale della AI sul lavoro degli psicologi e degli psichiatri? E come possiamo prepararci per affrontare i cambiamenti che questa tecnologia comporta?

Per molti professionisti della salute mentale, comprendere il funzionamento e le potenzialità della AI può sembrare un'impresa ardua. Sebbene non sia necessario diventare esperti tecnici, è fondamentale almeno acquisire una comprensione generale e intuitiva di queste tecnologie per sfrutarne al meglio le potenzialità come assistenti virtuali nel contesto psicologico.

Questo libro nasce con l'obiettivo di fornire una panoramica chiara e accessibile sull'uso dell'intelligenza artificiale applicata alla psicologia e alla psichiatria con un'enfasi sul ruolo che la psicologia ha avuto nelle varie tappe del suo sviluppo. Il testo offre un approccio pratico all'utilizzo degli strumenti di AI più avanzati, indicando come poter integrare software come ChatGPT e NotebookLM nel lavoro quotidiano, sfruttando questi strumenti per analizzare documenti clinici o studiare la letteratura scientifica in modo più efficiente. Questi metodi di lavoro non sono solo innovativi ma anche potenti alleati per migliorare la qualità del lavoro psicologico, riducendo il carico amministrativo e di basso livello a vantaggio del tempo "mente dello psicologo" dedicato ai pazienti.

In un momento storico in cui la AI sta ridefinendo i confini tra tecnologia e uomo, questo libro si propone come una guida essenziale per i professionisti della psicologia e psichiatria che desiderano affrontare con consapevolezza ed entusiasmo le sfide e le opportunità offerte da questa rivoluzione tecnologica alla quale stiamo partecipando in diretta.

La rapidissima evoluzione della AI generativa rende impossibile produrre un volume definitivo e perfettamente aggiornato e anche questo libro, già completato, ha richiesto repentine modifiche a seguito dell'arrivo dei Large Reasoning Model. Gli autori si sono tuttavia sforzati di focalizzare l'attenzione su temi contemporaneamente utili dal punto di vista pratico ma anche resistenti alla tumultuosa evoluzione.

# Gli autori

## **Graziella Orrù**

Professore associato di Psicometria presso la Scuola di Medicina dell’Università di Pisa, si occupa di applicazioni dell’intelligenza artificiale e del machine learning alle tematiche classiche della psicometria. È titolare dell’insegnamento di Metodi di ricerca psicométrica al Corso di laurea in Scienze e tecniche di psicologia clinica e sperimentale.

## **Giuseppe Sartori**

Professore emerito presso l’Università degli Studi di Padova, dove per anni è stato coordinatore del Dottorato in Mind Brain e Computer Science e docente di Cognitive Science al Corso di laurea in Data Science, insegna Neuropsicologia forense.

# INDICE

## PARTE I

### Nascita e sviluppo dell'intelligenza artificiale

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1.  | Quali sono stati i contributi della psicologia cognitiva nelle prime fasi di sviluppo dell'intelligenza artificiale in settori come apprendimento, ragionamento e percezione? ..... | 1  |
| 2.  | Quali sono state le tappe principali nello sviluppo dell'intelligenza artificiale? .....  | 2  |
| 3.  | In che modo i modelli di McCulloch e Pitts, basati su neuroni artificiali che richiamano i neuroni biologici, furono ispirati dalla comprensione del funzionamento cerebrale? ..... | 7  |
| 4.  | In che modo il lavoro di Donald Hebb influenzò la comprensione dei processi psicologici umani in termini di modelli neurali? .....  | 8  |
| 5.  | Come il test di Turing rifletteva un approccio psicologico per valutare l'intelligenza artificiale attraverso l'interazione umana? .....  | 9  |
| 6.  | In che misura la psicologia ha contribuito alla definizione degli obiettivi dell'intelligenza artificiale negli anni '50-60? .....  | 10 |
| 7.  | Perché il Perceptron di Rosenblatt può essere considerato come la prima simulazione della percezione visiva? .....  | 12 |
| 8.  | Quali sono stati i principali approcci all'intelligenza artificiale sviluppatisi tra gli anni '50 e oggi? .....   | 14 |
| 9.  | In che modo l'introduzione delle reti neurali artificiali ha influenzato l'evoluzione dell'intelligenza artificiale? .....  | 16 |
| 10. | Cos'è il connessionismo? .....  | 18 |
| 11. | Quali sono state le critiche principali al connessionismo da parte dei teorici delle teorie modulari/simboliche della cognizione umana? .....                                       | 19 |
|     | <i>BOX 1. PRESTAZIONI DEGLI LLM NEI TEST DI COMPOSIZIONALITÀ</i> .....  | 21 |
|     | <i>BOX 2. PRESTAZIONI DEGLI LLM NEI TEST DI CONTIGUITÀ</i> .....  | 24 |
| 12. | Che differenza c'è tra la psicolinguistica chomskiana e i modelli linguistici di grandi dimensioni? .....   | 25 |
| 13. | Qual è stato l'impatto dell'aumento della potenza di calcolo e della disponibilità di big data sullo sviluppo della AI nel XXI secolo? .....  | 26 |
| 14. | Cos'è il deep learning e in cosa si differenzia rispetto a un Multilayer Perceptron (MLP)? .....  | 27 |
| 15. | In che modo il deep learning ha rivoluzionato i campi di applicazione dell'intelligenza artificiale? .....  | 29 |
| 16. | Come funzionano i sistemi di intelligenza artificiale specializzati per la visione? .....   | 30 |

**PARTE II****I Large Language Model (LLM)**

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 17. | Cosa sono i Large Language Model? .....  | 32 |
| 18. | Qual è stato il ruolo dei transformer nello sviluppo dell'intelligenza artificiale generativa? .....   | 34 |
| 19. | Come può una rete neurale artificiale decodificare le parole e il linguaggio? .....  | 37 |
| 20. | Che ruolo hanno avuto ChatGPT e i modelli GPT nello sviluppo recente dell'intelligenza artificiale? .....  | 39 |
| 21. | Come funzionano i transformer e perché hanno permesso un salto qualitativo nel livello di comprensione linguistica? .....  | 40 |
| 22. | Come avviene l'addestramento di un LLM come GPT-4 di OpenAI? .....   | 42 |
| 23. | Come avviene la generazione di un testo da parte di un modello linguistico di grandi dimensioni (LLM)? .....   | 45 |
| 24. | Cosa sono i foundation o pre-trained model come GPT-40, Grok 3, DeepSeek R1? .....   | 50 |
| 25. | Cosa sono gli LLM multimodali? .....   | 51 |
| 26. | Cos'è la <i>scaling law</i> ? .....  | 55 |
| 27. | Quali sono gli LLM più potenti disponibili all'inizio del 2025? .....  | 59 |
| 28. | Come funzionano le allucinazioni prodotte dagli LLM? .....   | 60 |
| 29. | Quali sono i problemi causati dalle allucinazioni? .....   | 64 |
| 30. | Gli LLM possono essere considerati dei modelli della cognizione umana? .....   | 66 |
| 31. | Perché gli LLM possono ambire a essere i migliori modelli che oggi abbiamo a disposizione della cognizione umana? .....  | 67 |
| 32. | Quali sono i compiti che gli LLM riescono a svolgere a livello umano e quali invece no? .....  | 70 |
| 33. | Gli LLM hanno un modello del mondo? .....  | 73 |
| 34. | Dove falliscono gli LLM nel simulare la mente umana? .....   | 75 |
| 35. | Se gli LLM simulano bene una molteplicità di processi cognitivi dell'uomo, perché alcuni ricercatori pensano che gli LLM siano solo degli stupidi pappagalli stocastici ( <i>stochastic parrots</i> )? ..... | 77 |
| 36. | Le risposte fornite da un LLM sono dei taglia e incolla evoluti? .....   | 80 |
| 37. | Come fanno gli LLM a simulare i processi cognitivi? .....  | 85 |
| 38. | Cosa sono le caratteristiche emergenti ( <i>emerging features</i> ) negli LLM? .....   | 86 |
| 39. | Quando si manifestano le proprietà emergenti negli LLM? .....  | 88 |
| 40. | Possiamo fare degli esempi di capacità logiche emergenti? .....  | 89 |
| 41. | Quali sono le caratteristiche del modello che modulano le prestazioni degli LLM? .....   | 90 |
| 42. | Gli LLM fanno anche errori simili a quelli che sono stati messi in evidenza negli studi cognitivi condotti sull'uomo? .....  | 92 |
| 43. | Gli LLM sono in grado di fare ragionamenti che richiedono la comprensione di nessi causalì? .....  | 92 |

---

|  |     |
|--|-----|
| 44. Gli LLM hanno una loro personalità tipica? .....   | 93  |
| 45. È possibile migliorare le prestazioni degli LLM inserendo strategie metacognitive? .....   | 95  |
| 46. Come si fa a capire come effettivamente funzionano gli LLM quando forniscono una risposta? .....   | 98  |
| 47. Quale grado di autonomia hanno i migliori sistemi di LLM? .....  | 99  |
| 48. Cosa sono gli agenti basati sugli LLM? .....   | 100 |
| 49. Quale gradi di autonomia possono avere gli agenti intelligenti? .....  | 102 |
| 50. I sistemi di AI generativa hanno la capacità di autodeterminarsi? .....  | 104 |
| 51. Cosa sono i Large Reasoning Model? .....   | 106 |
| 52. Cos'è il reinforcement learning? .....   | 110 |
| 53. Quali sono le tecniche di apprendimento profondo integrate nell'architettura di un LRM? .....  | 114 |
| 54. Quanto sono simili le risposte fornite dagli LLM alle risposte fornite da esperti umani alle medesime domande? .....                             | 115 |
| 55. Per cosa viene usata oggi l'intelligenza artificiale generativa (GenAI)? .....   | 117 |
| 56. Qual è il livello di rischio legato alla capacità di comportamenti autonomi della AI generativa (GenAI)? .....                                   | 118 |
| 57. Cos'è il ragionamento analogico e perché alcuni ricercatori lo ritengono centrale per la definizione di AGI e difficilmente raggiungibile? ..... | 120 |
| 58. Come si fa a valutare il livello dell'intelligenza artificiale e confrontarla con quella umana? .....  | 120 |
| 59. Cos'è l'ARC Challenge? .....   | 121 |
| 60. Gli LLM riescono a essere creativi? .....  | 123 |
| 61. Cos'è l'Artificial General Intelligence (AGI)? .....   | 124 |
| 62. Quando, secondo gli esperti, sarà raggiunta l'AGI? .....   | 127 |
| 63. Che differenza c'è tra modelli chiusi e aperti? .....  | 127 |
| 64. Cos'è la superintelligenza? .....  | 129 |
| 65. La AI può diventare cosciente? .....   | 130 |
| 66. Nella valutazione delle prestazioni della AI si sente sempre parlare dei "benchmark": cosa sono? .....   | 132 |
| 67. Perché i benchmark hanno avuto un ruolo importante nello sviluppo della AI? .....  | 132 |
| 68. Gli LLM riescono a comprendere il livello di novità in una ricerca scientifica come un esperto umano? .....                                      | 135 |
| 69. Cosa sta succedendo nel mondo della AI? .....  | 137 |
| 70. Quali sono i rischi e le conseguenze di una diffusione incontrollata della AI? .....   | 140 |
| 71. Come posso restare aggiornato sugli sviluppi della AI? .....   | 142 |

**PARTE III****Le applicazioni pratiche della AI alla psicologia e alla psichiatria**

|   |     |
|---|-----|
| 72. Come faccio a capire quale modello linguistico usare nella mia professione di clinico? .....  | 143 |
| 73. Che differenze ci sono, dal punto di vista dell'utilizzatore, tra i vari sistemi di intelligenza artificiale generativa (GenAI)? .....  | 144 |
| 74. Quali sono le linee guida per impostare un'istruzione (prompt) efficace? .....  | 145 |
| 75. Quali sono le procedure da seguire per interrogare un sistema di AI in modo da ottenere una risposta il più esaustiva possibile? .....  | 148 |
| 76. Come può essere già oggi usata la AI in psicologia clinica? .....   | 149 |
| 77. Come faccio ad analizzare una grande quantità di documenti clinici, articoli scientifici o documenti processuali? .....   | 150 |
| 78. Come posso usare gli strumenti di AI generativa (GenAI) nella mia attività di psicologo clinico? .....  | 153 |
| 79. L'intelligenza artificiale può anche essere usata per identificare la simulazione nelle risposte ai questionari di personalità? .....   | 156 |
| 80. È possibile usare la AI generativa per avere interpretazioni complesse dei risultati dei test (ad es., PAI)? .....  | 157 |
| 81. È possibile usare la AI generativa per interpretare i risultati di una batteria di test neuropsicologici? .....   | 163 |
| 82. L'intelligenza artificiale generativa (GenAI) può essere utilizzata per formulare ipotesi diagnostiche sulla base della trascrizione di un colloquio clinico? .....                 | 168 |
| 83. Ci sono esempi di chatbot che supportano un intervento di psicoterapia? .....   | 169 |
| 84. Quanto può essere accurato un colloquio clinico guidato da un chatbot? .....  | 171 |
| 85. Quali strumenti basati sulla AI posso usare per avere una panoramica completa delle conoscenze scientifiche in ambito psicologico? .....  | 172 |
| 86. Ho un articolo "rappresentativo" dell'area di ricerca di mio interesse, come posso ricostruire le ricerche sullo stesso tema in modo da non perdere lavori importanti? .....        | 173 |
| 87. Ho identificato gli articoli d'interesse, come faccio a riassumerli tutti? .....  | 174 |
| 88. Come faccio a scoprire qual è la posizione maggioritaria in un determinato argomento scientifico? .....   | 175 |
| 89. Come posso usare gli LLM per individuare campi di ricerca ancora aperti e meritevoli di approfondimento? .....  | 176 |
| 90. Posso fare un'analisi critica di una bozza di un articolo scientifico per migliorarne la leggibilità? .....   | 176 |
| 91. Devo fare delle osservazioni a una relazione di peritale che sostiene tesi diverse dalle mie. Come posso usare la AI per identificare i punti critici da mettere in evidenza? ..... | 177 |
| 92. Cos'è Consensus? .....  | 179 |

---

|   |     |
|---|-----|
| 93. Come funziona esattamente la AI di Consensus per estrarre e sintetizzare i risultati degli studi scientifici? ..... | 181 |
| 94. Come posso creare una raccolta di articoli su un tema di mio interesse, sempre consultabile? .....                  | 182 |
| 95. Come funzionano le app Deep Research di Google, OpenAI e Perplexity, e Grok 3 per la ricerca scientifica? .....     | 183 |
| 96. Gran parte dei sistemi di AI sono a pagamento. Quali sono i migliori che non richiedono un abbonamento? .....       | 185 |
| 97. Quali sono le caratteristiche distintive della web app per la ricerca denominata SciSpace? .....                    | 186 |
| 98. Quali strumenti di AI posso usare per interrogare un articolo scientifico? .....                                    | 188 |
| 99. Come posso ricavare una mindmap su un determinato tema (ad es., i disturbi di personalità)? .....                   | 188 |
| 100. Come devo usare gli strumenti di AI in modo responsabile? .....  | 193 |
| Bibliografia .....  | 197 |
| Glossario .....   | 205 |



# PARTE I

## Nascita e sviluppo dell'intelligenza artificiale

### 1. Quali sono stati i contributi della psicologia cognitiva nelle prime fasi di sviluppo dell'intelligenza artificiale in settori come apprendimento, ragionamento e percezione?

La psicologia cognitiva ha avuto un ruolo fondamentale nello sviluppo delle prime fasi dell'intelligenza artificiale (*artificial intelligence*, AI<sup>1</sup>), contribuendo in modo significativo alla comprensione e alla simulazione di processi mentali come apprendimento, ragionamento e percezione. La psicologia cognitiva, attraverso il cognitivismo, ha infatti fornito le basi teoriche per sviluppare modelli computazionali che imitano i processi cognitivi umani. Questi modelli hanno permesso di rappresentare e analizzare operazioni mentali come attenzione, memoria, linguaggio e risoluzione dei problemi, influenzando profondamente lo sviluppo della AI.

Allen Newell e Herbert A. Simon (1961), pionieri nello studio dei rapporti tra psicologia cognitiva e AI, hanno sviluppato modelli teorici per comprendere l'apprendimento, il problem solving e il processo decisionale. I loro contributi hanno influenzato la creazione di sistemi esperti e algoritmi di elaborazione delle informazioni. L'apprendimento automatico (chiamato



6

<sup>1</sup> A causa delle numerose espressioni in lingua inglese che vi fanno riferimento, nel corso del testo utilizzeremo sempre e solo l'acronimo AI, invece di IA, che si ritrova spesso nella letteratura italiana.



52

anche machine learning) si è ispirato ai principi dell'apprendimento umano studiati dalla psicologia dell'apprendimento (ad es., Burrhus Skinner).



6

La psicologia cognitiva ha contribuito alla progettazione dei primi sistemi di AI in grado di simulare comportamenti umani complessi. Un esempio è ELIZA, un chatbot che imitava un terapeuta rogersiano, dimostrando come i principi psicologici potessero essere tradotti in algoritmi computazionali. Gli studi sulla percezione visiva umana hanno influenzato lo sviluppo di algoritmi per il riconoscimento delle immagini e l'elaborazione visiva nella AI. Questi algoritmi replicano i meccanismi cognitivi della percezione per interpretare dati visivi in modo simile a quello dell'uomo. La psicologia cognitiva ha, inoltre, fornito modelli teorici per comprendere come gli esseri umani affrontano problemi complessi. Questi modelli sono stati utilizzati per sviluppare sistemi AI capaci di risolvere problemi in modo autonomo, simulando strategie cognitive umane.

In sintesi, la psicologia cognitiva ha offerto una base teorica indispensabile per lo sviluppo dell'intelligenza artificiale, traducendo la comprensione dei processi mentali umani in modelli computazionali che hanno permesso alla AI di evolversi verso capacità sempre più avanzate.

## 2. Quali sono state le tappe principali nello sviluppo dell'intelligenza artificiale?

Ecco un elenco delle fasi fondamentali che hanno segnato la storia dello sviluppo della AI, con un focus sui contributi chiave della psicologia:



3

*McCulloch e Pitts (1943)*: McCulloch e Pitts hanno pubblicato il primo modello matematico di un neurone artificiale, noto come “neurone di McCulloch-Pitts”. Questo modello dimostrava come i neuroni potessero essere rappresentati matematicamente e utilizzati per simulare reti logiche, gettando le basi per le reti neurali artificiali.



4

*Donald Hebb (1949)*: lo psicologo Donald Hebb ha introdotto quella che poi sarebbe diventata nota come la “regola di Hebb” nel suo libro *The organization of behavior*. Questa teoria

spiegava come le connessioni tra i neuroni si rafforzano quando vengono attivate simultaneamente, un principio che ha influenzato lo sviluppo delle reti neurali artificiali e il concetto di apprendimento associativo. Questo concetto influenzerà i successivi modelli di *reinforcement learning* messi a punto molti anni dopo (Sutton e Barto, 2018).



*Il Perceptron (1958):* Frank Rosenblatt, nella sua tesi di dottorato in psicologia, sviluppò il Perceptron, il primo modello di rete neurale artificiale capace di apprendere modificando i pesi delle sinapsi artificiali (Rosenblatt, 1960). Questo modello rappresenta una pietra miliare in quello che diventerà in futuro l'apprendimento automatico.



*La backpropagation e il PDP Group (1986):* David Rumelhart, Geoffrey Hinton e Ronald Williams valorizzarono l'algoritmo di retropropagazione dell'errore (backpropagation), che permise l'addestramento efficace delle reti neurali multistrato. Questo avanzamento superò le limitazioni del percepitrone e rilanciò l'interesse per le reti neurali. Il loro lavoro originò la corrente di psicologia cognitiva chiamata *connectionismo*. La backpropagation permetteva di addestrare i Multilayer Perceptrons (MLP) delle reti neurali a più strati. Lo strato di input riceve le informazioni dall'esterno (ad es., dalla retina) e quello di output produce la risposta. Gli strati intermedi sono i neuroni cognitivi che codificano i vari concetti presentati via via nello strato di input.



*Il machine learning (anni '80-'90):* il machine learning si affermò come settore specifico della AI, con lo sviluppo di algoritmi capaci di apprendere dai dati senza programmazione esplicita. L'apprendimento supervisionato (apprendimento con dati etichettati in base ai quali si può fornire una risposta "giusto/sbagliato" al modello) e l'apprendimento non supervisionato (che consiste in un apprendimento per somiglianza – l'esempio più noto è la cluster analysis) divennero metodologie chiave per applicazioni come il riconoscimento vocale e la visione artificiale.



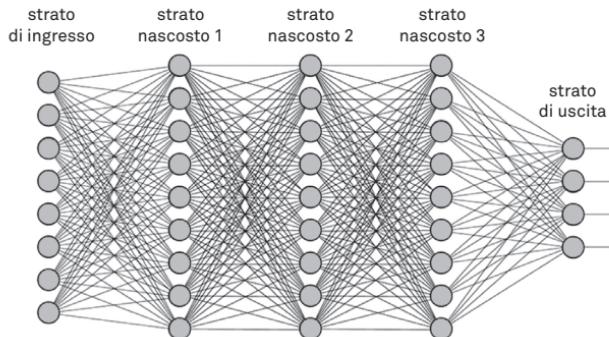
*Il deep learning (anni duemila):* il deep learning, si caratterizza per la presenza di numerosi strati nascosti in una rete neurale

(si veda fig. 1). I Multilayer Perceptron, invece, avevano pochi strati nascosti. Grazie alla disponibilità di grandi quantità di dati e potenza computazionale, questa tecnica rivoluzionò campi come la visione artificiale, il riconoscimento vocale, la guida autonoma e, quindici anni dopo, la simulazione del linguaggio.

FIG. 1

Raffigurazione schematica di una rete neurale artificiale a più strati. Lo strato di input riceve l'informazione dall'esterno e quello di output trasmette il risultato dell'elaborazione all'esterno. Gli stati intermedi codificano, in modo distribuito, lo stimolo.

Rete neurale profonda



17-18, 21

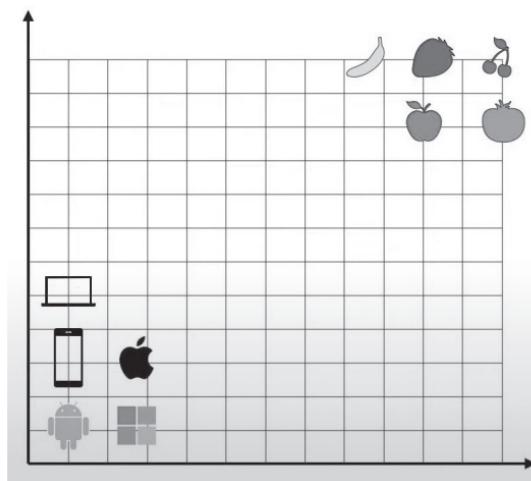
*I transformer* (2017): introdotti da Vaswani et al. (2017) nell'articolo “Attention is all you need”, hanno rivoluzionato gli studi sulla simulazione del linguaggio naturale grazie al meccanismo di attenzione che permette di associare parole lontane tra di loro nella frase in fase di decodificazione. Il meccanismo dell'attenzione, assieme a un altro meccanismo chiamato *word embedding*, permette di modulare il significato sulla base del contesto in cui una parola si viene a trovare. Gli *embedding*, che trasformano le parole in vettori numerici, permettono di catturare le sfumature di significato. La parola “apple”, ad esempio, avrà un significato diverso se in un contesto di “frutta” rispetto a un contesto di “tecnologia”. Questo posizionamento è intuitivamente rappresentato nel grafico dello spazio



semantico riportato in figura 2. La parola “apple” in un contesto tecnologico sarà più vicina a concetti come “Microsoft”, “Android”, “laptop”, ecc., mentre in un contesto di frutta si trova vicino a “banana”, “orange”, ecc. Il meccanismo dell’attenzione andrà a spostare la collocazione nello spazio semantico sulla base del contesto in cui la parola “apple” compare.

FIG. 2

I concetti si posizionano in uno spazio semantico latente, e le parole omografe che hanno significato diverso si collocano nello spazio semantico in modo diverso in funzione del contesto nel quale sono inserite. Nell’esempio, si osservi il posizionamento semantico di “apple”.



*I Large Language Model (LLM) (2020-oggi):* i modelli linguistici di grandi dimensioni, come GPT-3, GPT-4, fino al recentissimo GPT-5, basati sull’architettura transformer, hanno ulteriormente migliorato la comprensione e generazione del linguaggio naturale. Addestrati su enormi quantità di dati linguistici, questi modelli sono utilizzati in applicazioni che spaziano dalla traduzione automatica alla generazione di testi, alla generazione di sommari e di titoli, all’estrazione di argomentazioni da un testo, ecc.

11-12, 17,  
22-23

## Mindmap del ruolo della psicologia nella genesi dei vari settori dell'intelligenza artificiale

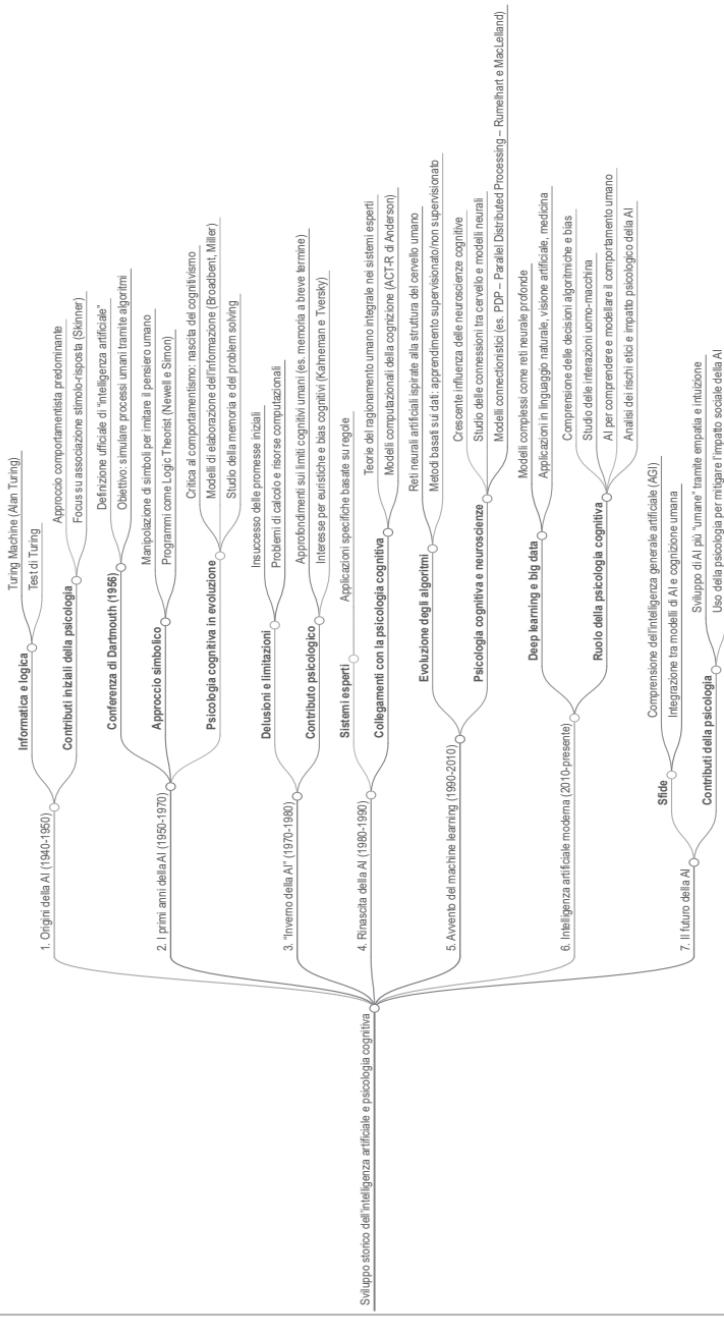


FIG. 3

In figura 3 è riassunto, in forma di mappa concettuale (mindmap), quale sia stato il ruolo della psicologia nello sviluppo dell'intelligenza artificiale dai suoi esordi a oggi.



99

### 3. In che modo i modelli di McCulloch e Pitts, basati su neuroni artificiali che richiamano i neuroni biologici, furono ispirati dalla comprensione del funzionamento cerebrale?

I modelli matematici di McCulloch e Pitts del 1943 furono profondamente ispirati dalla comprensione psicologica e neurofisiologica del funzionamento cerebrale dell'epoca. Questi modelli sono stati un tentativo pionieristico di unire concetti di logica matematica, neurofisiologia e psicologia per spiegare i meccanismi della mente umana.

McCulloch, psichiatra e neuroanatomista, e Pitts, logico matematico, si basarono sulla conoscenza psicologica e neurofisiologica dell'epoca per sviluppare un modello formale del neurone biologico. Il loro “neurone formale” imitava il comportamento dei neuroni reali, che si attivano o meno in base a soglie specifiche. Questo modello semplificato rifletteva il principio psicologico del “tutto o niente” relativo agli impulsi neurali, segnalando come i segnali nervosi potessero essere rappresentati come processi binari (attivo/inattivo).

McCulloch e Pitts concepirono il sistema nervoso come un dispositivo computazionale in grado di eseguire operazioni logiche. Essi hanno ipotizzato che i neuroni potessero combinarsi per rappresentare proposizioni logiche complesse, ispirandosi all'idea che i processi mentali potessero essere descritti attraverso la logica formale.

L'idea che il comportamento complesso possa emergere da interazioni semplici tra unità elementari era in linea con i principi della psicologia comportamentale dell'epoca. McCulloch e Pitts tradussero questo concetto in termini matematici, dimostrando che una rete di neuroni poteva simulare funzioni cognitive complesse.

**Una sintesi dei concetti di logica matematica, neurofisiologia e psicologia**

## 4. In che modo il lavoro di Donald Hebb influenzò la comprensione dei processi psicologici umani in termini di modelli neurali?

Donald Hebb è stata una figura molto influente nella storia della psicologia e i suoi lavori compaiono in ogni manuale introduttivo alla disciplina. Con il suo libro del 1949, *The organization of behaviour: A neuropsychological theory*, ha avuto un impatto significativo nel collegare i modelli neurali artificiali ai processi psicologici umani, ponendo le basi teoriche per lo sviluppo delle reti neurali artificiali e della moderna intelligenza artificiale.

**Neuroni che si attivano insieme, si connettono insieme**

Hebb ha introdotto la sua regola in base alla quale i neuroni modificano le sinapsi quando apprendono. Essa è conosciuta come *Hebbian learning* e descrive come le connessioni tra due neuroni si rafforzano quando uno stimola ripetutamente l'altro. Questa idea, sintetizzata nella frase “neuroni che si attivano insieme, si connettono insieme” (*neurons that fire together, wire together*), ha fornito una spiegazione biologica per l'apprendimento e la memoria, influenzando profondamente la progettazione delle reti neurali artificiali nei decenni successivi.

Hebb propose che gruppi di neuroni, chiamati *cell assemblies*, lavorano insieme per rappresentare schemi di pensiero o percezione. Questi gruppi possono essere attivati da stimoli esterni o interni e rappresentano un'unità funzionale del cervello.

**Il cervello come sistema adattivo**

Questo concetto ha ispirato lo sviluppo di sistemi computazionali in grado di simulare processi cognitivi complessi, come il riconoscimento di schemi e la categorizzazione.

Hebb è stato, inoltre, uno dei primi a collegare il funzionamento biologico del cervello con i processi psicologici superiori. Ha dimostrato che il comportamento umano può essere spiegato in termini di attività neuronale e che l'apprendimento e la memoria sono il risultato di cambiamenti fisici nelle connessioni sinaptiche. Questa visione ha gettato le basi per comprendere il cervello come un sistema adattivo, influenzando sia la psicologia cognitiva sia l'intelligenza artificiale.

Il lavoro di Hebb ha anticipato il concetto di plasticità cerebrale, ovvero la capacità del cervello di riorganizzare le sue

connessioni in risposta all'esperienza e all'apprendimento. Questo principio è stato cruciale per lo sviluppo delle reti neurali artificiali, che imitano questa capacità adattativa per migliorare le loro prestazioni attraverso l'addestramento e che si basano su modelli matematici dei processi sinaptici descritti nel suo lavoro. Sebbene i dettagli biologici siano stati raffinati nel tempo, il principio fondamentale dell'apprendimento basato sul rafforzamento delle connessioni associative rimane al centro delle moderne tecnologie di apprendimento automatico.

## 5. Come il test di Turing rifletteva un approccio psicologico per valutare l'intelligenza artificiale attraverso l'interazione umana?

Il test proposto da Alan Turing nel 1950 nel suo articolo “Computing machinery and intelligence” (articolo storico ripetutamente ripubblicato) rifletteva un approccio psicologico innovativo per valutare l'intelligenza artificiale attraverso l'interazione umana. Questo test, noto anche come “gioco dell'imitazione”, si basava sull'idea che una macchina potesse essere considerata intelligente se fosse in grado di simulare il comportamento umano al punto da risultare indistinguibile qualora valutato in una conversazione. Turing evitò di definire esplicitamente cosa significasse “pensare”, concentrandosi invece su un criterio osservabile e comportamentale. Questo approccio rifletteva un'influenza psicologica, simile al comportamentismo, che valuta i processi mentali attraverso manifestazioni esteriori e misurabili. Nel test, l'interrogante doveva distinguere tra un essere umano e una macchina basandosi esclusivamente sulle risposte fornite in una comunicazione scritta, eliminando qualsiasi indizio sensoriale o fisico.

Il “gioco dell'imitazione”

Il test di Turing implica che l'intelligenza non sia definita dalla struttura interna della macchina, ma dalla sua capacità di imitare i processi cognitivi umani, come il linguaggio, il ragionamento e la comprensione. Questo concetto rifletteva un interesse psicologico per la riproduzione delle funzioni mentali umane attraverso modelli computazionali.

Turing riconobbe che l'intelligenza è spesso percepita attraverso il comportamento sociale e linguistico, un aspetto profondamente radicato nella psicologia umana. Il test poneva quindi l'accento sulla capacità della macchina di rispondere in modo convincente alle domande, dimostrando comprensione contestuale e coerenza comunicativa.

#### **Un approccio psicologico pratico**

Turing, quindi, propose di sostituire la domanda “Le macchine possono pensare?” con “Può una macchina essere confusa con un essere umano in una conversazione?” Questo cambio di prospettiva rifletteva un approccio psicologico più pratico ed empirico, evitando preconcetti filosofici o antropocentrici sul pensiero e concentrandosi sull'esperienza soggettiva dell'interrogante.

Molti indizi fanno pensare che l'attuale AI generativa possa aver superato il test di Turing. Infatti, un testo argomentativo prodotto da un sistema di AI generativa difficilmente può essere identificato se confrontato con scritti simili prodotti dall'uomo. Nel marzo del 2025 è stato pubblicato un lavoro (Jones e Bergen, 2025) che dimostra come le conversazioni di GPT-4.5 siano giudicate più umane rispetto a simili conversazioni umane.

## **6. In che misura la psicologia ha contribuito alla definizione degli obiettivi dell'intelligenza artificiale negli anni '50-60?**

Negli anni '50, la psicologia ha giocato un ruolo cruciale nella definizione degli obiettivi dell'intelligenza artificiale (AI), contribuendo a modellare l'ambizione di riprodurre le funzioni cognitive umane. La psicologia cognitiva ha fornito una cornice teorica per identificare le principali aree di ricerca nella AI, come apprendimento, ragionamento, percezione, risoluzione dei problemi ed elaborazione del linguaggio naturale. Queste funzioni cognitive centrali sono state tradotte in obiettivi concreti per la AI, con l'intento di creare macchine capaci di eseguire tali operazioni in modo simile o superiore agli esseri umani.

I primi ricercatori della AI, come Allen Newell e Herbert Simon (psicologo e premio Nobel per l'Economia nel 1978), si

sono ispirati ai modelli della psicologia cognitiva per sviluppare programmi di simulazione del pensiero umano. Ad esempio, il loro programma *Logic Theorist* (1956) era progettato per dimostrare teoremi matematici utilizzando regole logiche simili a quelle impiegate dagli esseri umani nel ragionamento deduttivo. Questo approccio simbolico era il risultato dell'influenza della psicologia del pensiero sulla comprensione e modellazione dei processi mentali.

Il seminario di Dartmouth del 1956, considerato l'evento ufficiale che ha fondato l'intelligenza artificiale come autonoma disciplina scientifica, dichiarò esplicitamente che ogni aspetto dell'apprendimento o dell'intelligenza umana poteva essere descritto in modo così preciso da consentire la sua simulazione da parte di una macchina. Questa visione era profondamente radicata nelle intuizioni della psicologia cognitiva, che trattava la mente umana come un sistema computazionale.

Nelle fasi di esordio della AI, negli anni '50-60, la psicologia ha quindi fornito le basi teoriche e metodologiche per definire gli obiettivi dell'intelligenza artificiale, orientandosi verso la simulazione delle funzioni cognitive umane.

Un importante progetto è stato ELIZA, il primo chatbot. I chatbot (intelligenza artificiale conversazionale) rispondono a istruzioni fornite dall'utente e per questo sono chiamati sistemi *instruction following*. Queste istruzioni sono anche chiamate *prompt*.

Sviluppato da Joseph Weizenbaum nel 1966, ELIZA si basava sulla simulazione delle tecniche di uno psicoterapeuta rogersiano. Questo approccio rifletteva un'applicazione diretta dei principi psicologici per creare un'interazione favorente l'apertura emotiva dell'utente. Weizenbaum scelse di imitare lo stile di uno psicoterapeuta della scuola di Carl Rogers, noto per il suo approccio centrato sul cliente. Questo metodo si basava sull'uso di domande aperte e sulla ripetizione o parafrasi delle affermazioni del paziente per incoraggiarlo a esplorare i propri pensieri ed emozioni. Weizenbaum riteneva che questo stile fosse "relativamente semplice da imitare" perché non richiedeva una comprensione profonda del contenuto della conversazione, ma solo la capacità di reagire in modo coerente e non giudicante alle dichiarazioni dell'utente.

ELIZA utilizzava uno script chiamato "DOCTOR", progettato per analizzare le frasi dell'utente e rispondere con domande

### Il seminario di Dartmouth

### ELIZA



74

o affermazioni basate su parole chiave e pattern linguistici. Ad esempio, se l'utente diceva "Sono triste", ELIZA poteva rispondere con "Perché sei triste?" o "Dimmi di più". Questo approccio sfruttava la tendenza umana a interpretare le risposte come empatiche, anche quando erano generate meccanicamente.

**L'“effetto ELIZA”** Un aspetto psicologico cruciale emerso dall'interazione con ELIZA è stato l'“effetto ELIZA”, ovvero la tendenza degli utenti ad attribuire comprensione ed empatia a un sistema che in realtà seguiva regole predefinite. Molti utenti iniziarono a trattare ELIZA come un interlocutore autentico, condividendo dettagli personali e sviluppando un legame emotivo con il programma. Questo fenomeno dimostra quanto le persone siano inclini a proiettare qualità umane su macchine apparentemente intelligenti (antropomorfismo).

ELIZA rappresenta un esempio pionieristico dell'integrazione tra psicologia e intelligenza artificiale. Sebbene fosse un sistema rudimentale basato su regole semplici, riuscì a simulare efficacemente l'interazione con uno psicoterapeuta rogersiano, sfruttando principi psicologici per creare un'esperienza percepita come empatica dagli utenti. Tuttavia, il lavoro di Weizenbaum fu anche una critica ai limiti delle macchine nell'affrontare questioni complesse come l'empatia e la comprensione umana autentica.

## 7. Perché il Perceptron di Rosenblatt può essere considerato come la prima simulazione della percezione visiva?

Frank Rosenblatt, psicologo alla Cornell University, sviluppò nel 1956 il Perceptron, uno dei primi modelli di rete neurale artificiale ispirato ai processi biologici e psicologici del cervello umano (Rosenblatt, 1960). Rosenblatt si basò sulle teorie psicologiche e neuroscientifiche dell'apprendimento umano, in particolare sui modelli di McCulloch e Pitts (1943) e sulla regola di Hebb (1949). Questi studi avevano dimostrato come i neuroni biologici potessero essere rappresentati matematicamente e come l'apprendimento potesse avvenire attraverso il rafforzamento delle connessioni tra neuroni attivi. Rosenblatt tradusse questi principi in un sistema computazionale che si-



3



4

mulava il comportamento dei neuroni attraverso algoritmi di apprendimento supervisionato.

Il Perceptron fu progettato per riprodurre alcune funzioni cognitive fondamentali, come il riconoscimento di schemi visivi. Utilizzando 400 sensori ottici connessi a una rete di otto neuroni artificiali, la macchina era in grado di distinguere forme semplici (ad es., un triangolo da un quadrato). Questo processo imitava il modo in cui il cervello umano elabora stimoli visivi e li traduce in risposte comportamentali.

Rosenblatt incorporò concetti neuropsicologici legati alla plasticità cerebrale, ovvero la capacità del cervello di adattarsi all'esperienza attraverso il rafforzamento o l'indebolimento delle connessioni sinaptiche. Nel Perceptron, questo principio era implementato tramite un algoritmo che modificava i pesi delle connessioni tra i nodi in base agli errori rilevati durante le fasi dell'apprendimento. Questo approccio permetteva alla macchina di migliorare le sue prestazioni in base al feedback ricevuto, simulando un processo di apprendimento simile a quello umano.

Rosenblatt combinò conoscenze provenienti dalla psicologia, dalle neuroscienze e dall'informatica per creare una macchina che non si limitasse a calcolare, ma che fosse capace di "imparare". La sua visione dell'intelligenza come proprietà funzionale del cervello biologico lo spinse a progettare sistemi capaci di emulare le dinamiche cognitive umane attraverso reti neurali artificiali.

In conclusione, il lavoro di Frank Rosenblatt sul Perceptron ha rappresentato una sintesi innovativa tra psicologia cognitiva, neuroscienze e informatica. Le influenze psicologiche furono centrali nella progettazione del sistema, poiché permisero di simulare funzioni cognitive umane come l'apprendimento e il riconoscimento visivo. Sebbene rudimentale rispetto alle moderne reti neurali, il Perceptron gettò le basi per lo sviluppo dell'intelligenza artificiale basata su modelli neurali, tanto da meritare un posto di rilievo in qualunque manuale di psicologia cognitiva<sup>2</sup>.

### Ancora la plasticità cerebrale



9

<sup>2</sup> "New Navy device learns by doing. Psychologist shows embryo of computer designed to read and grow wiser" era il titolo di un articolo apparso il 7 luglio 1958 sul *New York Times* che riportava i pionieristici studi sul Perceptron di Rosenblatt (<https://yaroslavb.medium.com/new-navy-device-learns-by-doing-62f31d2dc7ba>).

## 8. Quali sono stati i principali approcci all'intelligenza artificiale sviluppatisi tra gli anni '50 e oggi?

Tra gli anni '50 e '70 del secolo scorso, la AI è passata per varie fasi prima di arrivare allo sviluppo attuale. Ripercorrerle è importante al fine di comprendere i recenti salti qualitativi; nello specifico, i periodi principali possono essere così individuati:

- *Logica matematica e programmazione simbolica*: questo approccio si concentrava sulla rappresentazione della conoscenza e del ragionamento attraverso simboli e regole logiche; esempi notevoli includono il Logic Theorist e il General Problem Solver, programmi progettati per risolvere problemi logici e matematici.
- *Reti neurali artificiali*: ispirate al funzionamento del cervello umano, le reti neurali miravano a modellare il comportamento dei neuroni per consentire alle macchine di apprendere dai dati; nel 1958, Frank Rosenblatt sviluppò il Perceptron, uno dei primi modelli di rete neurale in grado di apprendere a riconoscere pattern semplici.
- *Sistemi esperti*: negli anni '70, l'attenzione si spostò verso la creazione di programmi in grado di emulare le decisioni di esperti umani in domini specifici. Questi sistemi utilizzavano una base di conoscenze e regole per fornire consulenze o prendere decisioni in campi come la medicina o l'ingegneria.
- *Deep learning* (dopo il 2008): durante questo periodo, le reti neurali profonde hanno mostrato le loro potenzialità prima nella simulazione dei processi visivi e poi nell'elaborazione del linguaggio.



9



7



14

55-56,  
73, 78, 82

Questi approcci, in particolare l'ultimo (deep learning) hanno posto le basi per l'evoluzione della AI generativa (GenAI), influenzando profondamente le direzioni di ricerca e sviluppo fino ad arrivare all'attuale panorama.

Dopo una fase di entusiasmo iniziale l'interesse per l'intelligenza artificiale ha subito ripetute battute di arresto.

## L'inverno dell'intelligenza artificiale

L'espressione *AI winter* (inverno dell'intelligenza artificiale) si riferisce a periodi di riduzione significativa dei finanziamenti e dell'interesse nella ricerca sulla AI, spesso causati da aspettative esagerate e poi non soddisfatte con risultati nettamente inferiori alle previsioni. Tra gli anni '70 e '80, si sono verificati due principali "inverni" dell'AI, ciascuno con cause e conseguenze specifiche.

Il primo *AI winter* si è avuto nel decennio 1970-1980 ed è seguito a un primo grande entusiasmo per la AI caratterizzato dal convincimento che le macchine potessero rapidamente raggiungere capacità cognitive umane. Tuttavia, i progressi reali non riuscirono a soddisfare queste aspettative. Inoltre, le capacità computazionali dell'epoca erano insufficienti per supportare algoritmi complessi necessari per avanzamenti significativi nella AI. Infine, dal punto di vista teorico, nel 1969 Marvin Minsky e Seymour Papert pubblicarono *Perceptrons: An introduction to computational geometry*, un lavoro che evidenziava i limiti dei Perceptron a strato singolo, in particolare la loro incapacità di risolvere problemi complessi. Questa critica portò a un declino nella ricerca sulle reti neurali. Il problema evidenziato fu superato nel 1986 da Rumelhart, Hinton e McClelland con l'introduzione di attivazioni neuronali non lineari e meccanismi di apprendimento basati sulla backpropagation.

Il secondo *AI winter* si verificò tra la fine degli anni '80 e l'inizio degli anni '90. Negli anni '80, i sistemi esperti, progettati per emulare le decisioni umane in domini specifici, divennero popolari. Tuttavia, la loro manutenzione risultò costosa e complessa, e spesso non riuscivano a gestire situazioni impreviste al di fuori dei loro perimetri ristretti individuati in fase di progettazione. Le aspettative eccessive riguardo alle potenzialità della AI portarono a investimenti in progetti che non riuscirono a produrre risultati pratici, causando disillusione tra gli investitori. Le aziende e le agenzie governative americane ridussero o eliminarono i finanziamenti per progetti di AI, considerando il campo non redditizio nel breve termine. La diminuzione dei fondi e dell'interesse portò a una stagnazione nelle innovazioni e nelle pubblicazioni scientifiche relative alla AI.



Efficaci nel  
riconoscere schemi  
complessi

## 9. In che modo l'introduzione delle reti neurali artificiali ha influenzato l'evoluzione dell'intelligenza artificiale?

L'introduzione delle reti neurali artificiali ha avuto un impatto fondamentale sull'evoluzione della AI, apportando diversi contributi chiave.

Le reti neurali artificiali sono composte da neuroni artificiali interconnessi, organizzati in strati, che permettono al sistema di apprendere dai dati e adattarsi autonomamente, per prove ed errori, in modo molto simile all'apprendimento umano. Questa struttura consente di riconoscere modelli complessi e di migliorare le prestazioni attraverso il progressivo apprendimento che va a modificare le connessioni tra neuroni. Le reti neurali sono particolarmente efficaci nel riconoscere schemi complessi all'interno dei dati, superando le capacità degli algoritmi tradizionali. Questo le rende ideali per applicazioni come il riconoscimento vocale, la visione artificiale e l'elaborazione del linguaggio naturale, dove i pattern non sono facilmente identificabili e sono molto dipendenti dal contesto.

Ricordiamo che la prima rete neurale che era in grado di apprendere è stata il Perceptron di Rosenblatt. L'evoluzione delle reti neurali ha portato allo sviluppo, dopo il 2008, del deep learning, che utilizza architetture con molti strati nascosti per modellare rappresentazioni di dati ad alto livello. Questo ha permesso di affrontare problemi più complessi e di migliorare significativamente le prestazioni della AI in vari campi, come nella diagnosi assistita da computer e nell'analisi di immagini mediche, nei sistemi di guida autonoma e di assistenza alla guida, nell'analisi predittiva finanziaria e nel rilevamento di frodi, e nel marketing attraverso raccomandazioni personalizzate e il miglioramento dell'esperienza utente.

Gli psicologi cognitivi David E. Rumelhart e James L. McClelland hanno pubblicato nel 1987 i due volumi *Parallel distributed processing* (PDP), che hanno avuto un ruolo cruciale nel rilancio della teoria delle reti neurali artificiali e nella nascita del connessionismo come paradigma dominante in molte aree della scienza cognitiva e dell'intelligenza artificiale. I volumi



7



10, 11

PDP hanno introdotto un nuovo modo di concepire i processi cognitivi, basato su reti neurali artificiali ispirate al funzionamento biologico del cervello umano. Questo approccio si contrapponeva ai modelli simbolici tradizionali, che descrivevano la mente come un sistema di regole e di moduli indipendenti. Il connessionismo proposto da Rumelhart e McClelland enfatizzava, invece, l'elaborazione distribuita e parallela delle informazioni, dove la conoscenza non è immagazzinata in strutture localizzate ma distribuita nelle connessioni tra unità elementari (neuroni artificiali).

Le reti neurali, come si ricorderà, erano già state proposte da Rosenblatt, ma si era poi visto che, nella formulazione originale, avevano delle limitazioni che ne fecero perdere interesse per decenni.

Uno degli sviluppi più significativi associati ai lavori di Rumelhart, McClelland e collaboratori è stato l'introduzione dell'algoritmo backpropagation, che ha reso possibile l'addestramento efficace di reti neurali multilivello (Multilayer Perceptron). Questo superava le limitazioni del Perceptron semplice, aprendo la strada alla modellazione di funzioni complesse e quindi alla risoluzione di problemi complessi.

Del PDP Group faceva parte Geoffrey Hinton che ha contribuito alla messa a punto della backpropagation (Rumelhart, Hinton e McClelland, 1986). Hinton, che si era laureato in psicologia sperimentale a Oxford e aveva preso il PhD in intelligenza artificiale a Edimburgo, diventerà poi uno dei padri del deep learning e si vedrà assegnato il Nobel per la fisica nel 2024 proprio per i suoi lavori sulla AI.

I modelli PDP sono stati applicati a una vasta gamma di fenomeni cognitivi, come la percezione del linguaggio, la memoria e l'apprendimento, e, come si diceva, hanno dato avvio alla corrente teorica del connessionismo, in contrapposizione alla teoria allora dominante, all'epoca, di tipo modulare e simbolica (Fodor, 1983). I volumi riacessero l'interesse per le reti neurali artificiali, dimostrando che queste potevano essere strumenti potenti per modellare i processi cognitivi e risolvere problemi complessi. L'approccio connessionista introdotto dal PDP Group ha avuto un impatto significativo non solo nella scienza cognitiva ma anche nell'intelligenza artificiale, nella linguistica computazionale e nelle neuroscienze, e ha fornito



I modelli PDP

una base teorica per lo sviluppo successivo delle reti neurali profonde (deep learning).

## 10. Cos'è il connessionismo?



9

Il connessionismo è un approccio della psicologia cognitiva, nato dopo i lavori pionieristici del PDP Group, che mira a spiegare i processi mentali attraverso modelli ispirati al funzionamento del cervello umano, in particolare utilizzando reti neurali artificiali. Questa teoria si oppone ai paradigmi simbolici tradizionali, come il cognitivismo classico, e propone una visione distribuita e parallela dell'elaborazione delle informazioni.

I principi fondamentali del connessionismo sono i seguenti:



9

- *Reti neurali come modello della mente:* il connessionismo utilizza reti neurali artificiali per simulare i processi cognitivi. Queste reti sono composte da unità elementari (**neuroni artificiali**) collegate tra loro da connessioni che trasmettono segnali. Ogni connessione (che mima il funzionamento della sinapsi del neurone biologico) ha un livello d'intensità che si modifica durante il corso dell'apprendimento come succede per le sinapsi biologiche. Il connessionismo si ispira alla struttura e al funzionamento del sistema nervoso, cercando di emulare i processi cognitivi attraverso modelli computazionali che rispettano vincoli neurologici.
- *Elaborazione distribuita e parallela:* contrariamente ai modelli simbolici sequenziali, il connessionismo enfatizza l'elaborazione simultanea di molte informazioni attraverso la rete neurale. La conoscenza non è, quindi, immagazzinata in un'unità specifica, ma è distribuita nella configurazione delle connessioni tra le unità.
- *Apprendimento adattivo:* l'apprendimento avviene attraverso la modifica dei pesi delle connessioni tra neuroni artificiali in risposta agli stimoli ambientali. Esistono diverse modalità di apprendimento: (i) *apprendimento supervisionato:* l'output atteso guida l'adattamento dei pesi delle connessioni tra i neuroni artificiali; i pesi cambiano in base alla valutazione degli output rispetto a un criterio definito; (ii) *apprendimento non supervisionato:* i pesi si modificano

in base a correlazioni tra input e output (ad es., regola di Hebb).

→ 4

Il connessionismo si distingue dal cognitivismo simbolico, orientamento teorico dominante prima del 1988, in quanto quest'ultimo considera la mente come un sistema che manipola simboli secondo regole logiche, mentre il connessionismo vede la mente come una rete di interazioni distribuite tra neuroni. I modelli simbolici sono sequenziali e centralizzati, mentre quelli connessionisti sono paralleli e distribuiti. Nel cognitivismo, la conoscenza è rappresentata esplicitamente; nel connessionismo, è “scritta” nel pattern delle connessioni ed emerge quando questo pattern viene attivato.

## 11. Quali sono state le critiche principali al connessionismo da parte dei teorici delle teorie modulari/simboliche della cognizione umana?

Prima del 1992 la teoria dominante in psicologia e neuropsicologia cognitiva era l'approccio modulare/proposizionale che postulava un “linguaggio del pensiero” simile al linguaggio in senso stretto. Secondo questo approccio la rappresentazione mentale e cerebrale era da considerarsi locale con concetti e funzioni diverse segregate in zone diverse dell'encefalo. Il connessionismo ispirato alle reti neurali metteva in discussione questa distinzione. È interessante osservare che questa disputa non era nuova ma andava a ricalcare quella esistente nell'Ottocento tra i frenologi (Galton) e Floureens, quando apparirono le prime teorie sul rapporto mente-cervello (modulare quello di Galton e distribuito quello di Floureens). Mentre i frenologi postulavano la localizzazione delle funzioni cognitive e della conoscenza, il secondo segnalava come alcuni dati sperimentali configgevano inesorabilmente ed erano inequivocabilmente indicativi di una conoscenza distribuita e non localizzata.

Un “linguaggio del pensiero”

→ 10

Dal punto di vista storico è necessario ricordare che l'associazionismo comportamentista e l'associazionismo del pensiero sono stati dominanti in psicologia fino all'avvento della psicologia cognitiva “modulare e simbolica”, secondo la quale i