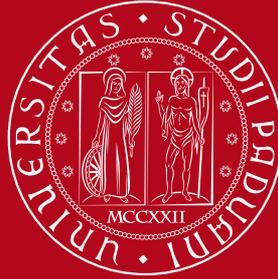


1222 • 2022  
**800**  
ANNI



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

# Intelligenza Artificiale: un continuo dialogo interdisciplinare

Dr. Alberto Testolin

Dipartimento di Psicologia Generale e  
Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione

# Che cos'è l'Intelligenza Artificiale?

- Che cos'è l'Intelligenza?

«*Capacità di un agente di affrontare e risolvere con successo situazioni e problemi nuovi o sconosciuti*» [Wikipedia]

- Visione pragmatica: enfasi su competenze / abilità  
Ovviamente, il tipo di problemi che consideriamo pongono enfasi su diverse caratteristiche dell'intelligenza!
  - La definizione rimane comunque opaca  
Cosa significa *risolvere*? Cos'è un *problema*? Cosa vuol dire *sconosciuto*...?
  - Altre definizioni introducono altri concetti  
(es: complessità, difficoltà, adattamento...)
- 
- Quando una cosa può essere definita Artificiale?

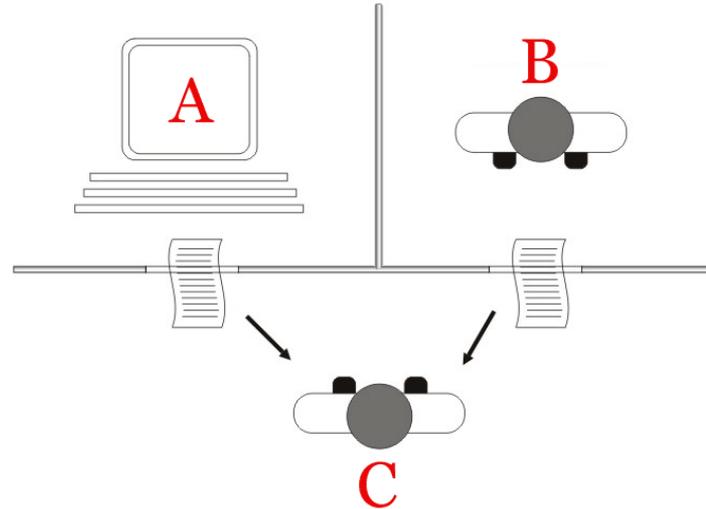
# Intelligenza Artificiale Forte

(*Artificial General Intelligence*)

- Prospettiva antropocentrica: l'obiettivo è di simulare *l'intelligenza umana*
- Come stabilire se un computer possiede IA forte?



Alan Turing  
(1912 – 1954)



- Implicazioni filosofiche: una macchina di questo tipo diverrebbe *cosciente*?



# Come costruire una macchina intelligente?

## Due scuole di pensiero

### Intelligenza programmata (cognitivism)



John McCarthy  
(1927 – 2011)



A. Newell & H. Simon  
(circa 1960)



Noam Chomsky  
(1928 – today)



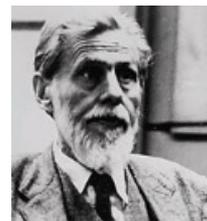
Marvin Minsky  
(1927 – 2016)



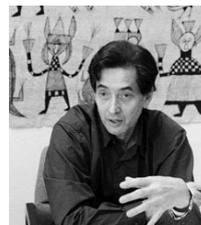
### Intelligenza emergente (connessionismo)



Norbert Wiener  
(1894 – 1964)



W. McCulloch  
(1898 – 1969)



Stephen Grossberg  
(1936 – today)



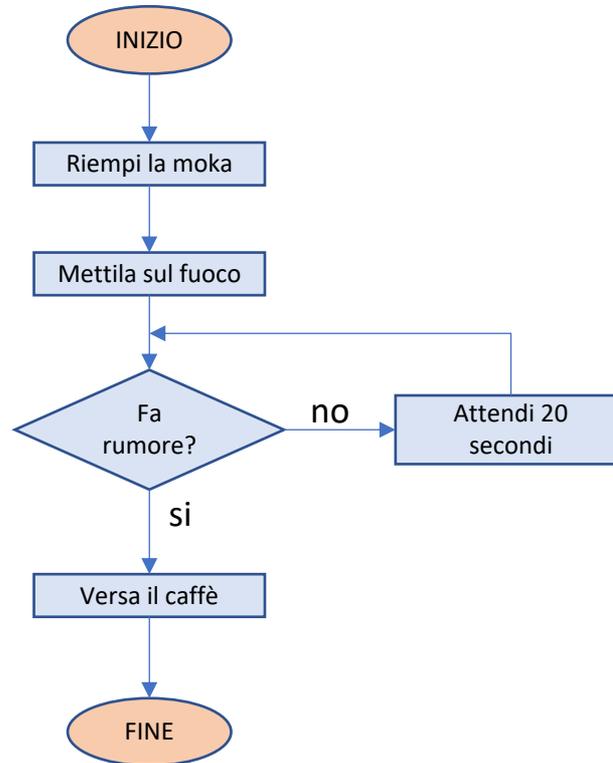
James McClelland  
(1948 – today)



Geoff Hinton  
(1947 – today)

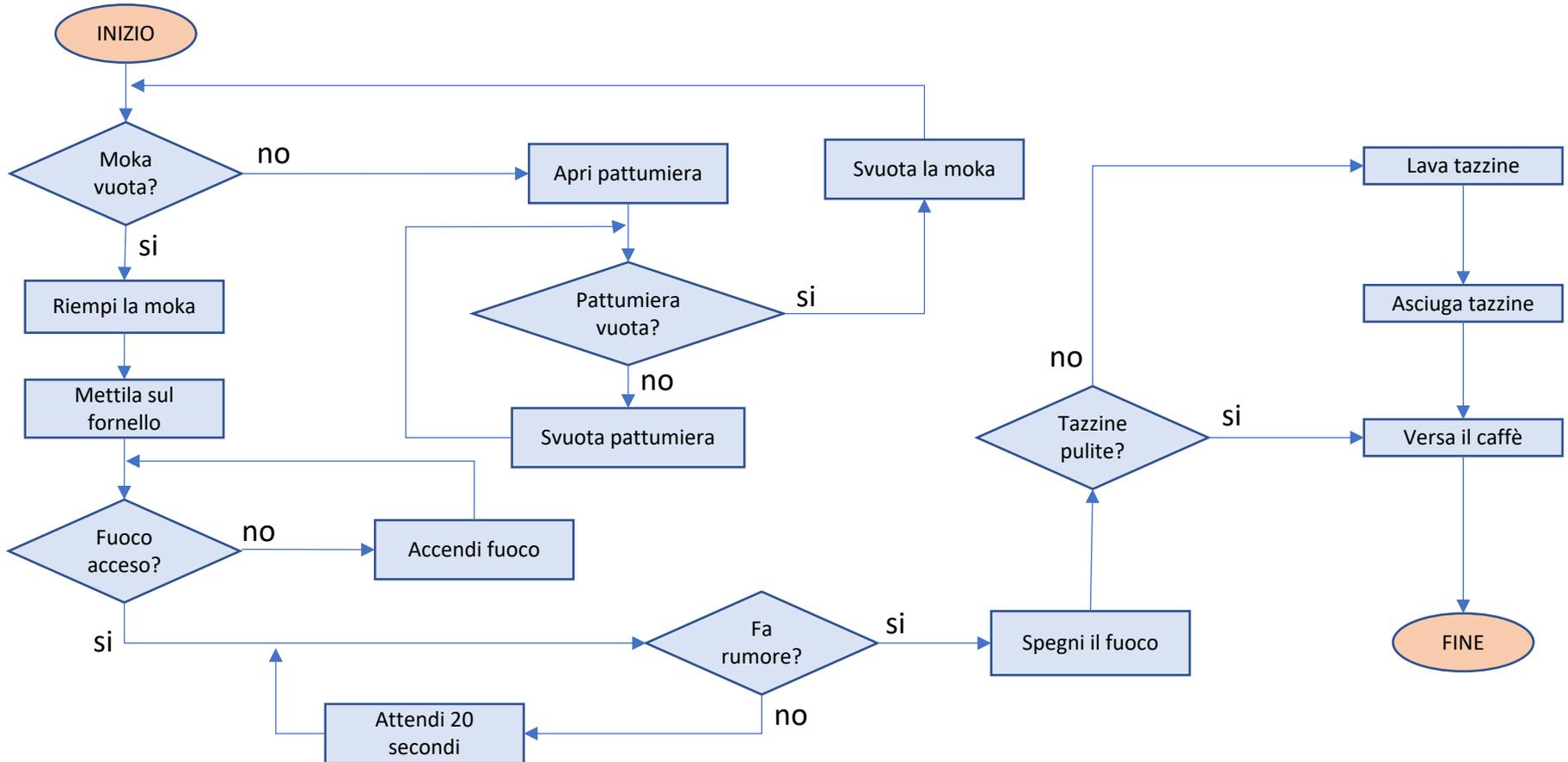
# L'intelligenza programmata

- La mente è un computer che manipola simboli in maniera algoritmica!



# L'intelligenza programmata

- La mente è un computer che manipola simboli in maniera algoritmica!



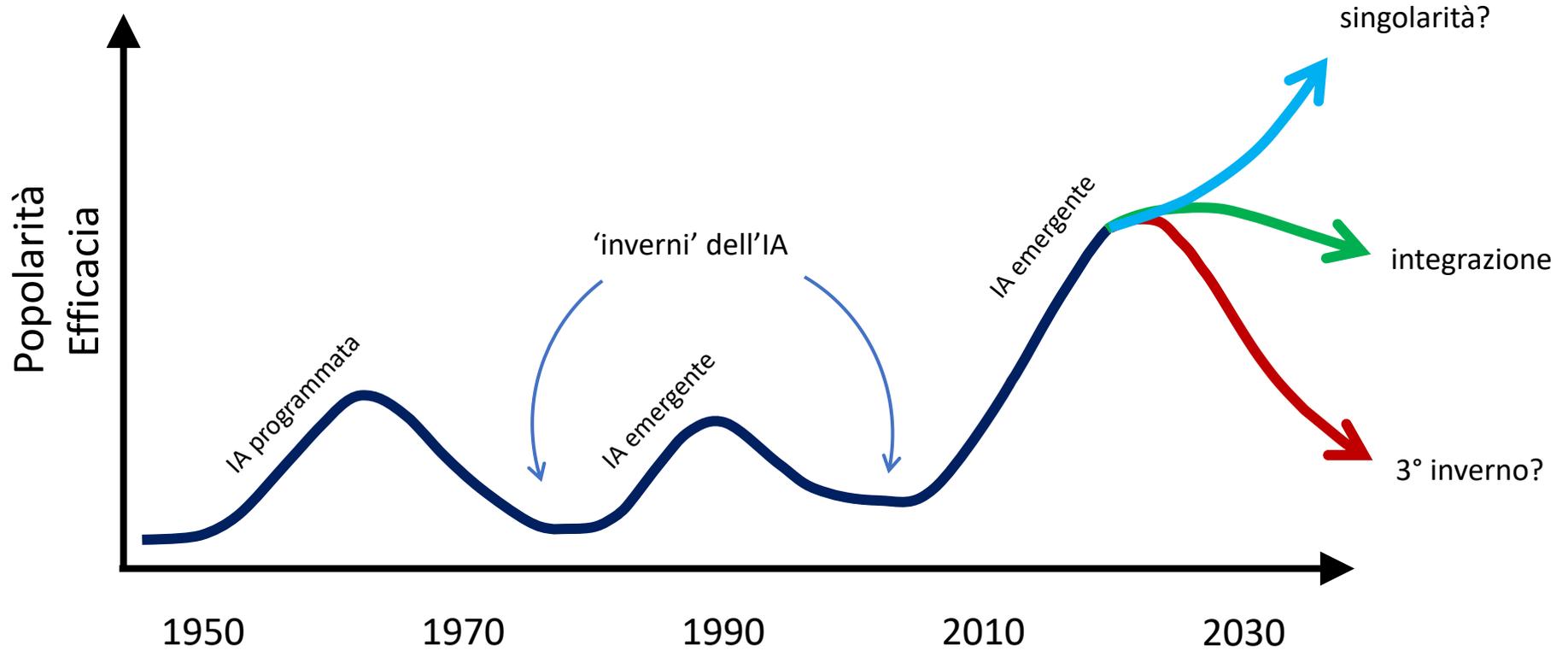
# L'intelligenza programmata

- La mente è un computer che manipola simboli in maniera algoritmica!
- Visione dualistica: Res cogitans vs. Res extensa
- L'intelligenza non dipende dall'hardware: può essere implementata in un qualsiasi calcolatore in grado di effettuare operazioni algebriche
  - per comprendere la mente, non serve studiare il cervello
- Formalismo di base: *logica*
- Focus: ragionamento astratto e razionale, pianificazione (es: scacchi)
  - processi seriali, deliberati

# L'intelligenza emergente

- Il pensiero non può essere ridotto ad una sequenza di operazioni razionali: emerge dalle dinamiche di sistemi complessi che interagiscono con l'ambiente
- Visione olistica: il pensiero emerge dal sostrato fisico
- L'intelligenza dipende dall'hardware: può essere implementata simulando i meccanismi di auto-organizzazione dei sistemi nervosi
  - per comprendere la mente, dobbiamo studiare il cervello
- Formalismo di base: *fisica*
- Focus: percezione, riconoscimento di pattern, analogia, **apprendimento**
  - processi automatici, affinati attraverso ripetizione

# Breve panoramica storica dell'IA



# 1940-50: Gli albori

Entrambi gli approcci sembrano promettenti: fase di sviluppo ed espansione

- IA programmata:

- Workshop al Dartmouth College (1956)
- Grande eccitamento per la recente invenzione dei calcolatori programmabili

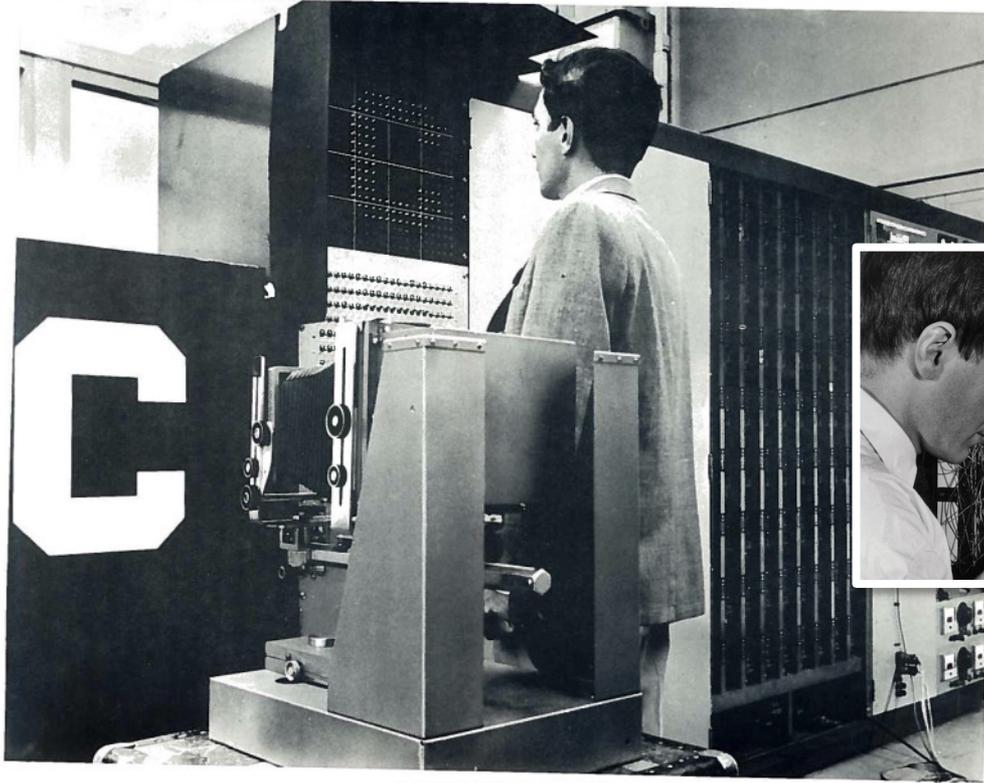
- IA emergente:

- Macy Conferences (1940 - 1960)
- Studio dei sistemi con feedback, auto-organizzazione, omeostasi → cibernetica

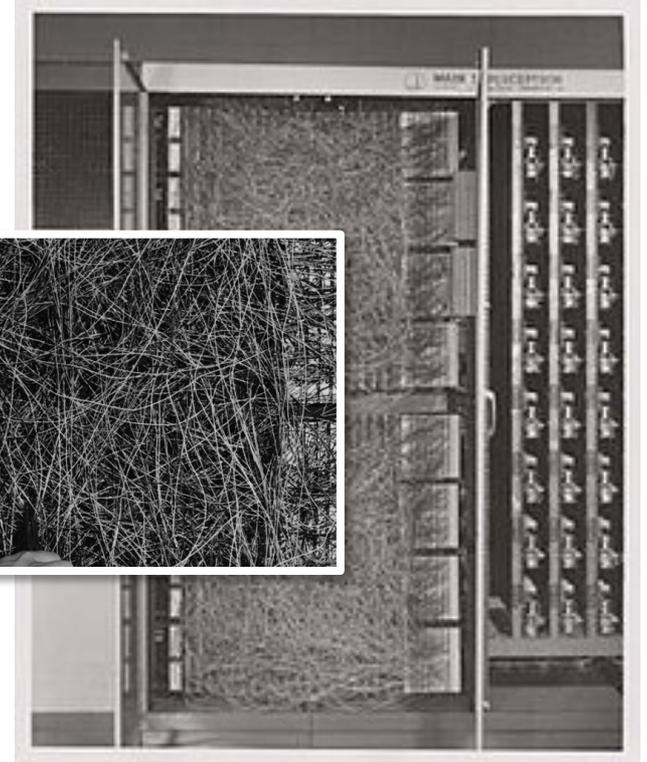
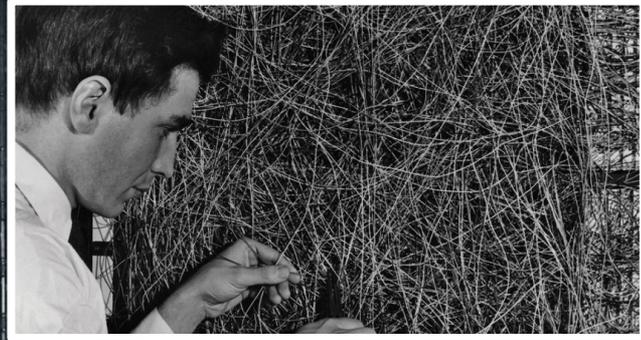


# Il “perceptron”

(1957)

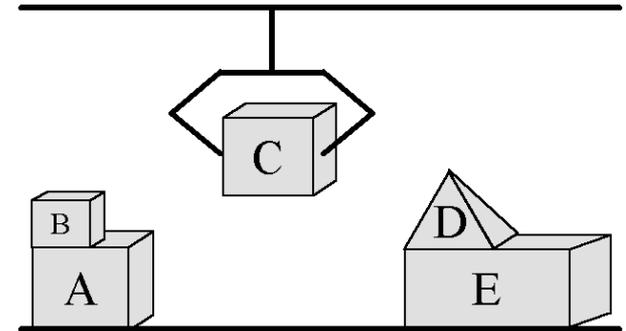


THE MARK I PERCEPTRON



# Gli anni d'oro dell'intelligenza programmata

- IA programmata esibisce sorprendenti capacità di ragionamento astratto:
  - *Logic Theorist* (Newell & Simon)
    - Dimostra 38 dei 52 teoremi matematici proposti da Russell nei *Principia Mathematica*
    - A volte trova soluzioni eleganti non ancora scoperte dai matematici
    - *General Problem Solver*: estensione in grado di risolvere problemi in algebra, geometria e logica
  - *ELIZA* (MIT)
    - Algoritmo linguistico in grado di creare dialoghi rudimentali
  - *SHRDLU* (MIT)
    - Algoritmo in grado di pianificare azioni in un ipotetico mondo costituito da blocchi manipolabili



# Grandi promesse

*«Nel giro di 20 anni le macchine saranno in grado di portare a termine qualsiasi lavoro che può fare un uomo»*

H. A. Simon, 1965

*«Fra 3 o 8 anni avremo una macchina con un livello di intelligenza generale comparabile a quello di un essere umano medio»*

Marvin Minsky, 1967

# 1970: Il primo inverno

- In realtà, i successi avvengono solo in domini molto ristretti
- Fallimento in molti compiti che sembrerebbero banali per un essere umano  
→ problema del *symbol grounding*
- Fallimento dei programmi di traduzione automatica basati sulla teoria della sintassi di Chomsky

[https://it.wikipedia.org/wiki/Stanza\\_cinese](https://it.wikipedia.org/wiki/Stanza_cinese)

*“The spirit is willing but the flesh is weak”  
(Lo spirito è pronto ma la carne è debole)*

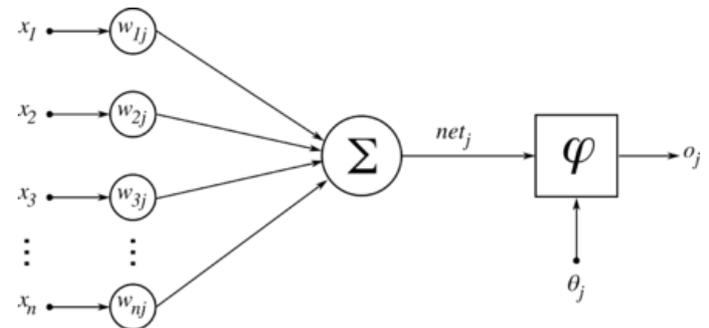
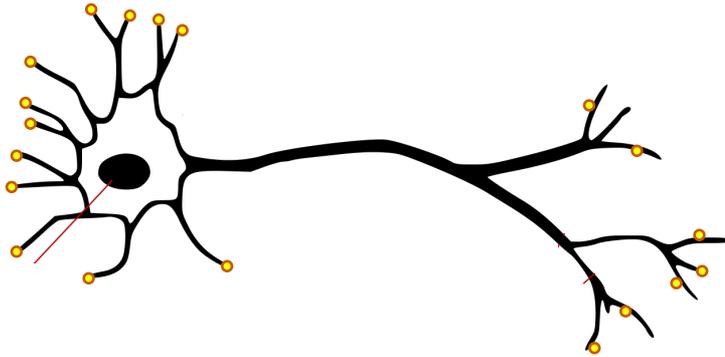


*“The vodka is good but the meat is rotten”*



# 1980: La rivincita dell'intelligenza emergentista

- Perfezionamento dei modelli basati su reti neurali artificiali:
  - Sistemi in grado di ***imparare dalla propria esperienza***, ovvero di riorganizzarsi internamente in modo da migliorare la loro interazione con l'ambiente
  - L'apprendimento è reso possibile dalla plasticità della rete neurale, ovvero dalla possibilità di modificare la forza delle connessioni tra i neuroni



# 1995: Il secondo inverno

- Sebbene le reti neurali in teoria siano molto potenti, in pratica sono difficili da far funzionare:
  - Richiedono molta potenza di calcolo
  - Richiedono molti dati (esperienze) per apprendere a risolvere un compito
  - Algoritmi di apprendimento automatico non ancora perfezionati
- Fallisce l'ambizioso progetto giapponese di costruire un "Calcolatore di quinta generazione", un supercomputer basato su calcolo parallelo

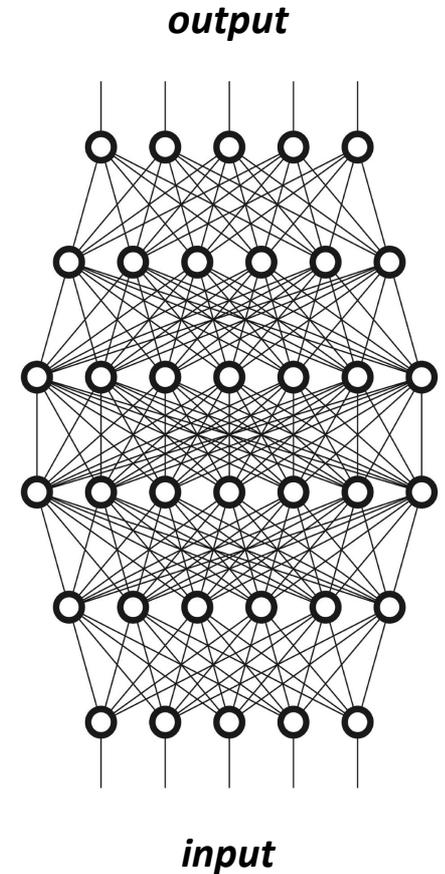
# 2006: Il boom delle reti neurali

- Disponibilità di enormi database digitali (*big data*)
- Sviluppo di potenti piattaforme di calcolo parallelo (*GPU*)
- Nuovi algoritmi ed ottimizzatori più efficienti



Le reti neurali finalmente funzionano!

- Creazione di architetture gerarchiche, in grado di rappresentare l'informazione in modo sempre più complesso (*deep learning*)
- Successi promettenti in compiti di riconoscimento di oggetti



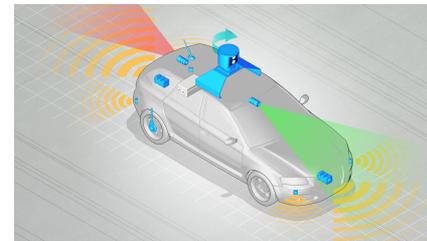
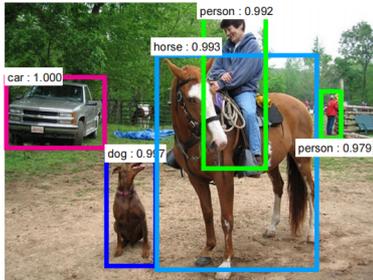
# 2012: Il successo commerciale

L'Intelligenza Artificiale diventa un pilastro della rivoluzione tecnologica



# Qualche esempio di applicazione

- Visione artificiale, riconoscimento facciale, videosorveglianza, guida autonoma
- Riconoscimento del linguaggio parlato, sistemi di dialogo e traduzione automatica
- Diagnosi medica, bioinformatica, creazione di farmaci, analisi di dati su larga scala (es: struttura proteine, rilevazione di particelle subatomiche...)
- Profilazione di utenti, information retrieval, marketing, predizione di mercato
- Industria 4.0, telecomunicazioni, Internet of Things, cybersecurity



# Reti neurali e ragionamento astratto

- Nonostante i successi, le reti neurali artificiali non riescono ancora ad eccellere in compiti che richiedono ragionamento astratto e manipolazione di simboli
- Qualche segnale incoraggiante viene dalle ricerche sui giochi: le reti neurali sono in grado di *imparare* a giocare a videogame, scacchi, poker e... GO!



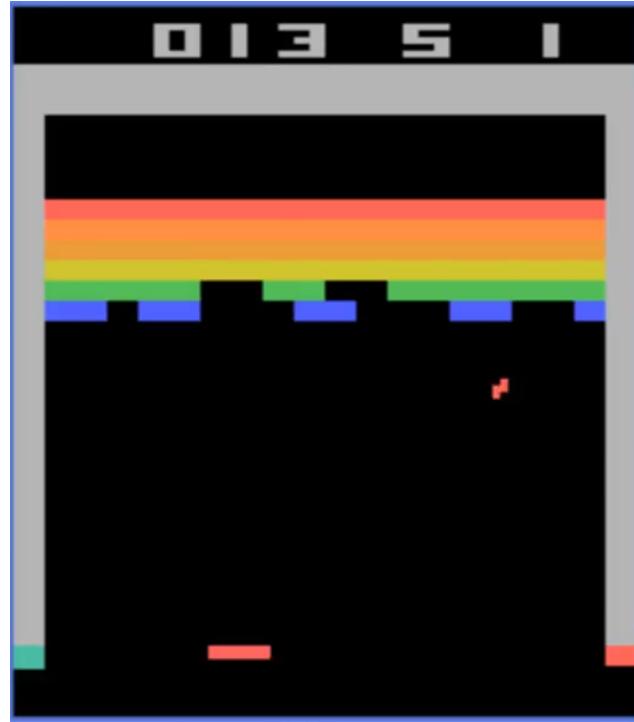
# Reti neurali e ragionamento astratto

NB: una rete neurale *non viene programmata* per giocare a scacchi... *lo impara!*



Garry Kasparov vs. IBM Deep Blue  
(1997)

# Apprendimento di strategie



# Rilevanza per le neuroscienze cognitive

Modelli basati su reti neurali artificiali sono di estrema rilevanza per costruire le moderne macchine «intelligenti»

...ma quanto sono plausibili biologicamente?

...e quanto sono plausibili psicologicamente?



Neuron

Review

# Neuroscience-Inspired Artificial Intelligence

Demis Hassabis,<sup>1,2,\*</sup> Dharshan Kumaran,<sup>1,3</sup> Christopher Summerfield,<sup>1,4</sup> and Matthew Botvinick<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>DeepMind, 5 New Street Square, London, UK

<sup>2</sup>Gatsby Computational Neuroscience Unit, 25 Howland Street, London, UK

<sup>3</sup>Institute of Cognitive Neuroscience, University College London, 17 Queen Square, London, UK

<sup>4</sup>Department of Experimental Psychology, University of Oxford, Oxford, UK

NATURE REVIEWS | **NEUROSCIENCE**

## Backpropagation and the brain

Timothy P. Lillicrap , Adam Santoro, Luke Marris, Colin J. Akerman and Geoffrey Hinton

Trends in Cognitive Sciences

## What Learning Systems do Intelligent Agents Need? Complementary Learning Systems Theory Updated

Dharshan Kumaran,<sup>1,2,\*</sup> Demis Hassabis,<sup>1,3,\*</sup> and James L. McClelland<sup>4,\*</sup>

Current Opinion in Behavioral Sciences

Volume 32, April 2020, Pages 167-173

## Neural networks as a critical level of description for cognitive neuroscience

Timothy T Rogers 

nature  
neuroscience

FOCUS | PERSPECTIVE

<https://doi.org/10.1038/s41593-019-0520-2>

# A deep learning framework for neuroscience

Attenzione a creare troppe aspettative!



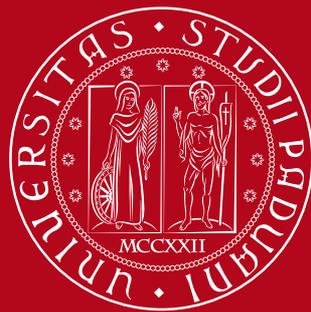
WINTER IS COMING...

# ...O FORSE NO?



“La buona notizia, Dave, è che il computer ha passato il test di Turing.  
La cattiva notizia è che tu non l’hai passato.”

1222 · 2022  
800  
ANNI



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA