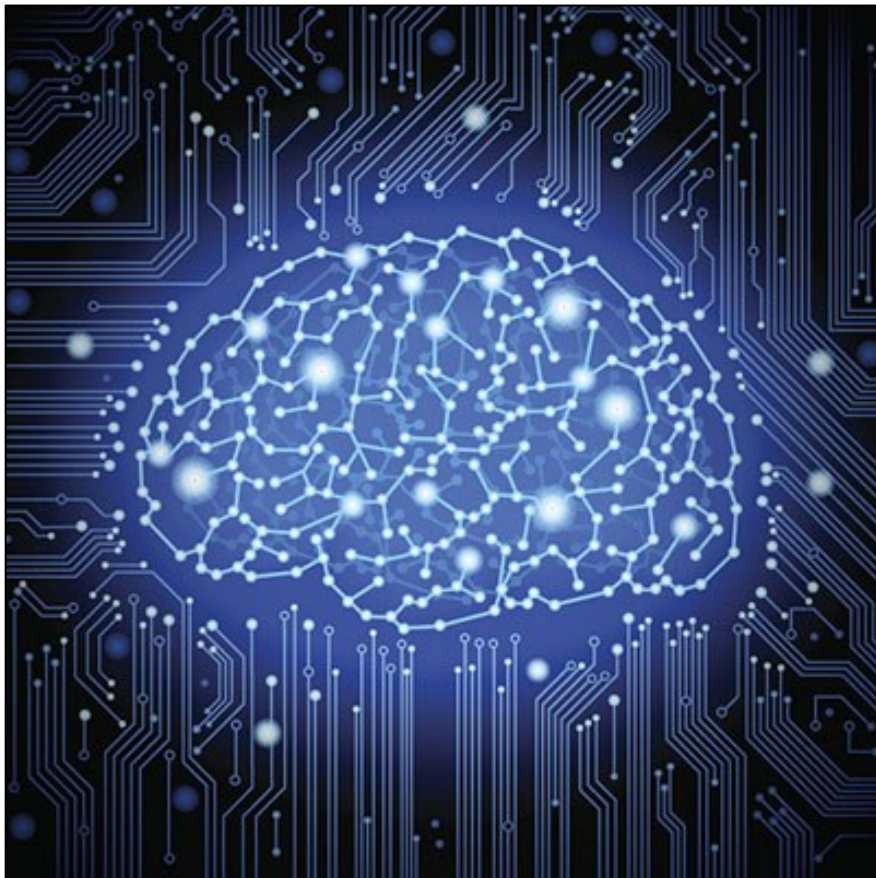


# Machine Learning

prof. Davide Maltoni



davide.maltoni@unibo.it



# Definizioni

(da *Enciclopedia Treccani*)

- **Intelligenza**: Complesso di facoltà psichiche e mentali che consentono all'uomo di **pensare**, **comprendere** o spiegare i fatti o le azioni, **elaborare modelli astratti della realtà**, intendere e farsi intendere dagli altri, giudicare, e lo rendono insieme capace di **adattarsi** a situazioni nuove e di modificare la situazione stessa quando questa presenta ostacoli all'adattamento.
- **Intelligenza artificiale**: **Riproduzione** parziale dell'attività intellettuale propria dell'uomo (con particolare riguardo ai processi di **apprendimento**, di **riconoscimento**, di **scelta**) realizzata o attraverso l'elaborazione di **modelli** ideali, o, concretamente, con la messa a punto di macchine che utilizzano per lo più a tale fine elaboratori elettronici.

Pensare, comprendere, elaborare → **Ragionare**

# Ragionamento (1)

## ■ *Deduttivo* - Aristotele (384 aC – 322 aC)

Nel ragionamento deduttivo (o sillogismo) la verità delle premesse (*caso generale*) garantisce la verità della conclusione (*caso particolare*).

REGOLA ( $C \rightarrow R$ ): Tutti gli uomini sono mortali

CASO ( $C_1$ ): Socrate è un uomo

*quindi*

RISULTATO ( $R_1$ ): Socrate è mortale

Il ragionamento deduttivo è il **fondamento di gran parte delle dimostrazioni e teoremi della matematica**, ... ma non ci permette di scoprire o prevedere fatti nuovi e quindi di ampliare le nostre conoscenze, compiendo un 'salto' dal noto all'ignoto.

# Ragionamento (2)

- **Induttivo** - Francis Bacon (1561-1626) filosofo, e per quello sperimentale e scientifico, da Leonardo da Vinci (1452-1519) e Galileo Galilei (1564-1642) ... fino a Isaac Newton (1642-1727).

Nel ragionamento induttivo, diversamente da quello deduttivo, le premesse (*caso/i particolare/i*) forniscono un'evidenza più o meno forte a sostegno della conclusione (*generalizzazione*), ma non ne garantiscono necessariamente la verità.

I ragionamenti induttivi comportano quindi un rischio da cui sono esenti quelli deduttivi: possono portare da premesse vere a conclusioni false. Il ragionamento induttivo è quindi un ragionamento **probabilistico**, le cui conclusioni dipendono dal grado di probabilità delle informazioni contenute nelle premesse.

CASO ( $C_1$ ): Socrate era un uomo

RISULTATO ( $R_1$ ): Socrate morì

*quindi*

REGOLA ( $C \rightarrow R$ ): Tutti gli uomini sono mortali

La forma più comune di ragionamento induttivo è la **generalizzazione**, con cui otteniamo informazioni su un gruppo di cose, persone, eventi, oggetti e così via, esaminando una porzione – o campione – di quel gruppo.

# Ragionamento (2)

Una forma di «**induzione molto potente**» è il ragionamento per **Analogia**, che consiste nel trarre conclusioni su qualcosa in base alle sue somiglianze con qualcos'altro.

Questo permette agli esseri umani di:

- utilizzare **metafore**
- **astrarre** concetti «portandoli» da un dominio all'altro
- essere **creativi**

Esempi di **creatività artificiale**

- Prompt to Image: es. [Stable Diffusion](#)
- Style transfer (es. [Cycle GAN](#) oppure [1][2])
- Comporre musica (es. [www.musicmuse.ai](http://www.musicmuse.ai))

[1] <http://arxiv.org/pdf/1508.06576v1.pdf>

[2] <https://www.pyimagesearch.com/2018/08/27/neural-style-transfer-with-opencv>

# Ragionamento (3)

## ■ *Abduttivo* - Charles Sanders Peirce (1839-1914).

Anche in questo caso il ragionamento è *probabilistico*, ma invece di generalizzare ci si muove «*lateralmente*», ipotizzando che un'implicazione valga anche al contrario.

REGOLA ( $C \rightarrow R$ ): Tutti gli uomini sono mortali

RISULTATO ( $R_1$ ): Socrate morì

*quindi*

CASO ( $C_1$ ): Socrate era un uomo

*induzione per scienziati, l'abduzione per investigatori...*

ragionamento di Sherlock Holmes e dr. House (cui interessa scoprire il caso in situazione di incertezza e non la regola generale).

Esempio (nel dominio del dr. House):

### **Deduzione:**

*Regola:* Tutti i malati di malus muoiono in cinque giorni

*Caso:* Questa persona ha il malus

*Risultato:* Questa persona morirà entro cinque giorni

### **Induzione:**

*Caso:* Questa persona ha il malus

*Risultato:* Questa persona è morta dopo cinque giorni

*Regola:* Tutti i malati di malus muoiono in cinque giorni

### **Abduzione:**

*Regola:* Tutti i malati di malus muoiono in cinque giorni

*Risultato:* Questa persona è morta dopo cinque giorni

*Caso:* Questa persona aveva il malus

# Intelligenza Artificiale e Machine Learning

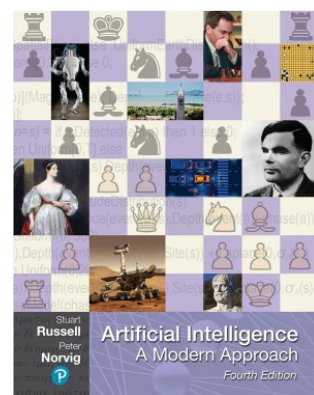
- **Intelligenza Artificiale (AI)** è una disciplina molto vasta che copre diverse tematiche, tra cui:

- Problem Solving
  - Search algorithms (es. Percorso più breve)
  - Adversarial Search and Games (es. Dama o Scacchi)
  - Constraint Satisfaction Problems (es. risoluzione Sudoku)
- Knowledge, Reasoning and Planning
  - First Order Logic, Inference (dimostratori di Teoremi)
  - Prolog (Sistemi Esperti)
- Uncertain Knowledge
  - Probabilistic Reasoning
  - Bayesian Networks (Diagnosi medica)
- Multi-Agents
- Machine Learning
  - Classificazione, Regressione, Clustering, ...
  - Neural networks and Deep Learning
  - Generative AI and Large Language Models

AI simbolica

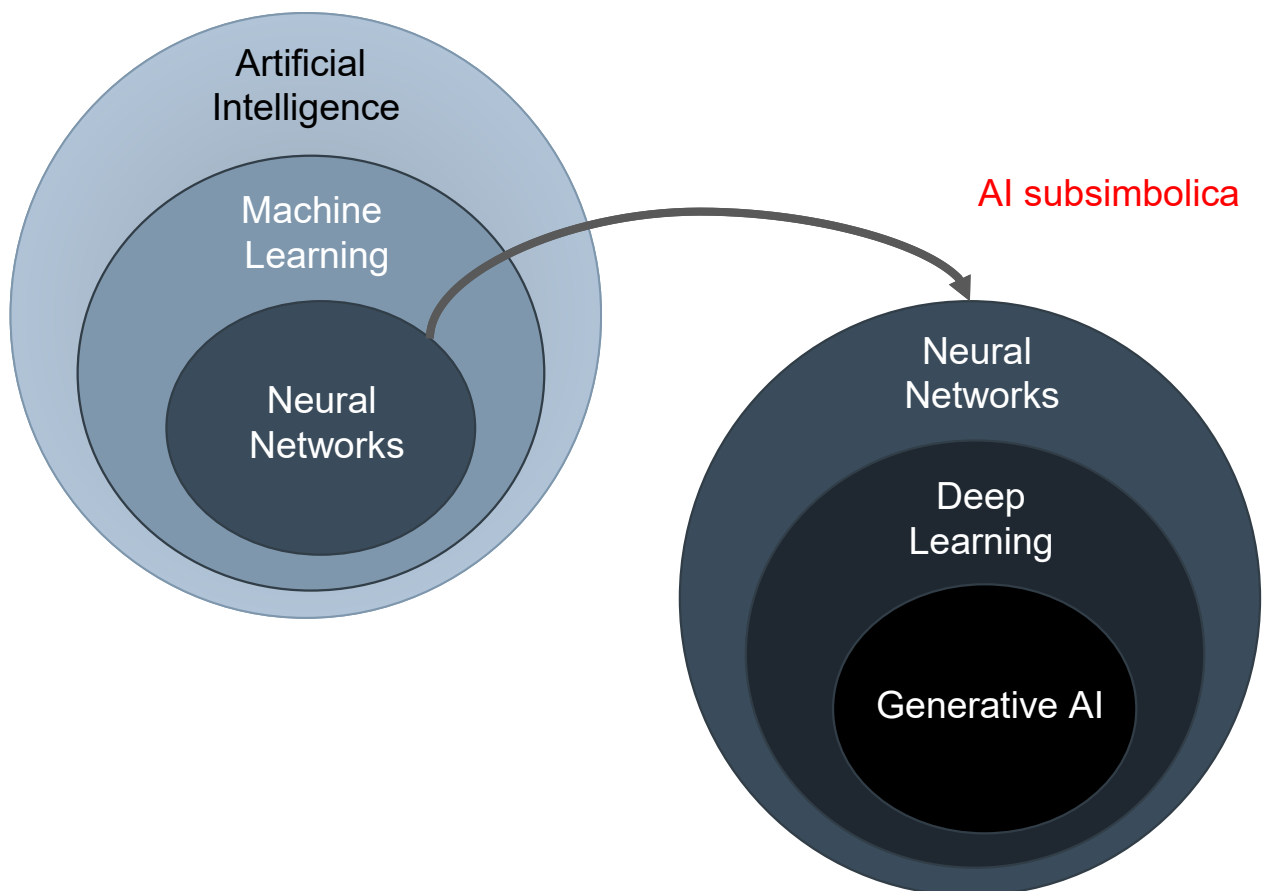
La parte *classica* di AI, definita anche **AI simbolica**, è ottimamente introdotta nel testo:

*S. Russell and P. Norvig, Artificial Intelligence – A modern Approach, Pearson, 2021.*



# Machine Learning

- Un **modello** di Machine Learning (apprendimento automatico) durante la fase di **training** apprende a partire da esempi. Successivamente è in grado di **generalizzare** e gestire nuovi dati nello stesso dominio applicativo.
- Più formalmente: *“impara dagli esempi a migliorare le proprie prestazioni per la gestione di nuovi dati provenienti dalla stessa sorgente”* (Mickey 91).
- Talvolta (a seconda del contesto) utilizzeremo, come **sinonimo** di modello, i termini: *algoritmo, metodo, tecnica, approccio*.

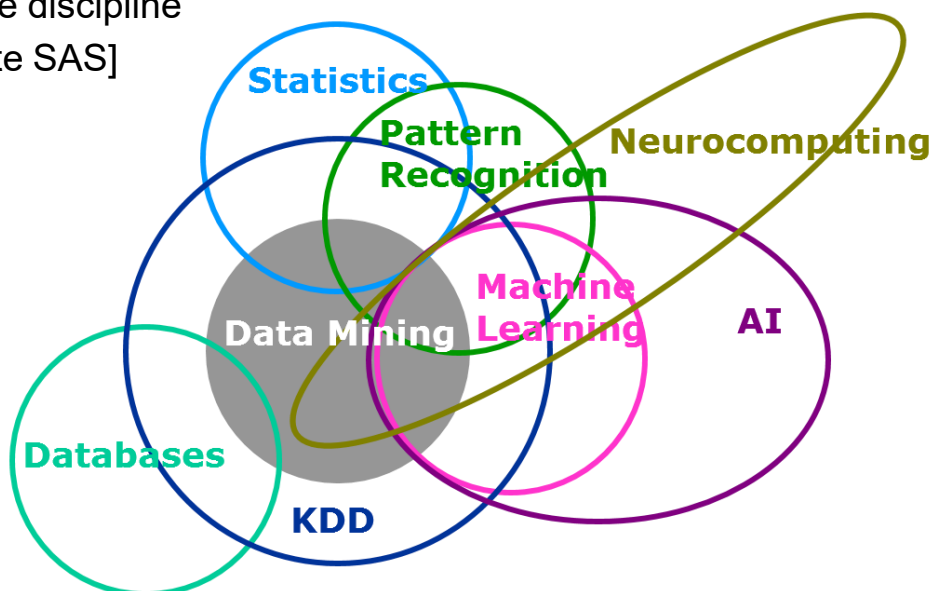




# Perché Machine Learning ?

- **Machine Learning** è oggi l'approccio più importante nell'ambito dell'intelligenza artificiale.
- L'apprendimento è una componente chiave del ragionamento
- Apprendere → migliorare, evolvere
- Consente di gestire la complessità di applicazioni reali, talvolta troppo complesse per poter essere modellate efficacemente.
- Apprendere il comportamento desiderato dai dati/esempi forniti, semplifica lo sviluppo di applicazioni.
- Rende possibile esplorare/comprendere i dati (mining) senza la necessità di programmazione esplicita.
- Addestramento *end-to-end* (es. guida automatica veicolo).
- Deep learning e generative AI: superato stato dell'arte in molte applicazioni.

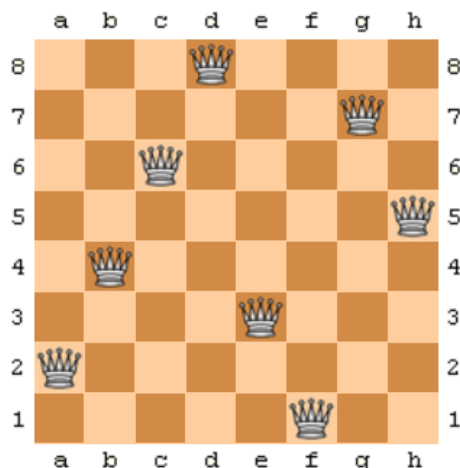
ML e altre discipline  
[Fonte SAS]



# Intelligenza artificiale e “forza bruta”

- **Brute-Force** (ricerca esaustiva): in alcuni domini applicativi un calcolatore è in grado di risolvere problemi in modo ottimo semplicemente enumerando e valutando tutte le possibili alternative. Possiamo parlare di intelligenza artificiale?

Es: problema delle **8 regine**; disporre sulla scacchiera 8 regine in modo tale che queste non possano catturarsi a vicenda. Facilmente risolvibile con approccio esaustivo (anche se esistono algoritmi molto più efficienti).



- Nella maggior parte dei casi però la valutazione esaustiva di tutte le possibili soluzioni non è computazionalmente gestibile, e si usano **tecniche di ricerca** che utilizzano **euristici** (*più o meno intelligenti*) per ridurre il numero di casi da valutare.
- Talvolta si utilizza il termine **Weak AI** (intelligenza artificiale debole) per caratterizzare sistemi capaci di risolvere (problem solvers) problemi complessi senza però capacità di ragionamento e comprensione.
- Una particolare famiglia di algoritmi denominata **Evolutionary Computing** (tra cui **Genetic Algorithms**) è oggetto di grande interesse nell'ambito dell'Intelligenza Artificiale. Questi algoritmi (non trattati in questo corso) s'ispirano al principio di evoluzione degli esseri viventi.

# The Imitation Game

- È il titolo di un film di successo del 2014 che narra, in chiave romanzesca, le vicende di [Alan Turing](#) (uno dei padri fondatori della moderna informatica). Presso Bletchley Park, durante la seconda guerra mondiale, Turing e collaboratori contribuirono a realizzare macchine e algoritmi per decifrare i codici crittografici utilizzati per lo scambio di messaggi tra Hitler e i generali tedeschi, dando un importante contributo alla vittoria degli alleati.

Turing si occupò anche di Intelligenza Artificiale, introducendo il famoso **Test di Turing** (o gioco di imitazione) da cui il film prende il nome.

Nella versione originale ci sono 3 partecipanti: un uomo **A**, una donna **B**, e una terza persona **C**. Quest'ultima è tenuta separata dagli altri due e tramite una serie di domande deve stabilire qual è l'uomo e quale la donna. Dal canto loro anche A e B hanno dei compiti: A deve ingannare C e portarlo a fare un'identificazione errata, mentre B deve aiutarlo. Se A è sostituito da un calcolatore «[intelligente](#)» la frequenza con cui C indovina deve essere la stessa.

Esistono numerose varianti, accomunate dal fatto di dover capire, attraverso una serie di domande, se si sta dialogando con un calcolatore o un essere umano.

**Principale criticismo:** accedendo all'immensa mole di informazioni disponibile on-line è possibile rispondere in modo «sensato» e apparentemente intelligente senza per forza esserlo.

# Beyond the Imitation Game

- BIG-bench (Beyond the Imitation Game) è un benchmark recente (2022) introdotto da ricercatori di 132 istituzioni internazionali per misurare le prestazioni di LLM (Large Language Models).

<https://arxiv.org/abs/2206.04615>

Include più di 200 task che gli umani non hanno problemi a risolvere ma dove l'AI non raggiunge (ancora) prestazioni comparabili. I task appartengono alle categorie:

- Traditional NPL
  - Logic, Math, Code
  - Scientific and technical understanding
  - Understanding the world, Understanding humans
  - Other
- 
- Altri benchmark recenti, introdotti per misurare le capacità di reasoning degli LLM (e quindi i passi verso il raggiungimento dell'AGI: Artificial General Intelligence) sono:
    - GPQA - Google-Proof Q&A (2023): include 448 domande a risposta multipla (4 opzioni, 1 corretta) su Biologia, Chimica e Fisica la cui risoluzione richiede competenze a livello PhD.
    - HLE - Humanity's Last Exam (2025): include 2500 problemi difficili su 100 tematiche, non risolvibili da LLM esistenti prima della pubblicazione. Le domande sono state proposte e verificate da più di 1000 autori di oltre 500 istituzioni.

Vedi **leaderboard**: <https://lilearchitect.ai/models-table/>

# Intelligenza artificiale e giochi

- Negli algoritmi di gioco su scacchiera quali **Dama** (Checkers), **Scacchi** (Chess):

Ogni possibile posizionamento dei pezzi sulla scacchiera è associato a uno «**score**». Alla vittoria si associa score  $+\infty$ , alla sconfitta  $-\infty$ .

Quando l'algoritmo deve muovere valuta tutte le possibili mosse a sua disposizione, le contromosse dell'avversario (assumendo giocatore ottimale), le sue mosse allo step successivo, e così via sempre più in profondità fino a fine partita.

Quando è possibile espandere tutti i cammini fino a fine partita, un semplice algoritmo noto come **minimax** [1] consente di scegliere sempre la mossa ottima.

Purtroppo per giochi non banali (con elevata ramificazione) l'albero delle possibili alternative diventa troppo grande dopo pochi livelli di profondità, pertanto la valutazione dello score avviene prematuramente, e la scelta è solo «localmente» ottima.

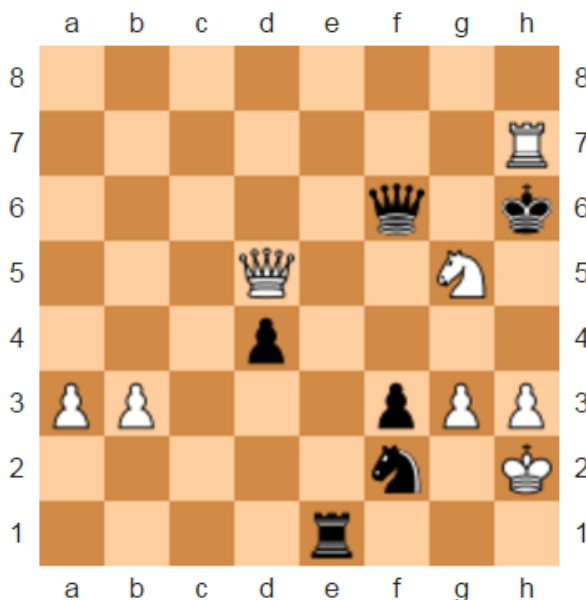
Il pruning di rami (vedi **alpha-beta pruning** [1]) unitamente a tecniche euristiche e di apprendimento automatico sono ampiamente utilizzati nelle moderne implementazioni.

- **Arthur Samuel** sviluppò nel 1952 il primo algoritmo per il gioco della dama, e nel 1955 introdusse una prima versione in grado di apprendere.

[1] <https://www.cs.cornell.edu/courses/cs312/2002sp/lectures/rec21.htm>

# Deep Blue vs Kasparov

- **1997 - Deep Blue** (IBM) vince a scacchi contro il campione del mondo Garry Kasparov.
- Hardware capace di calcolare lo score di 200 milioni di disposizioni sulla scacchiera al secondo. La potenza di calcolo (11.38 GFLOPs) molto rilevante all'epoca è inferiore a quella di un moderno smartphone.
- Con una ramificazione intorno a 35 (per gli scacchi), la ricerca Deep Blue arriva a una profondità di 6-8 livelli. *I moderni motori di gioco vanno molto più in profondità (es. 30 livelli) grazie a capacità di calcolo + euristici sofisticati.*
- La valutazione dello score è complessa e caratterizzata da molti parametri: quanto è importante una posizione sicura per il re in confronto a un vantaggio spaziale nel centro della scacchiera? I valori ottimali per questi parametri furono poi determinati dal sistema stesso (**learning**), analizzando migliaia di partite di campioni.
- La lista delle aperture fu fornita da campioni di scacchi.



1996 – Game 1  
prima partita persa:  
Kasparov (nero) si  
ritira.

# Watson in Jeopardy

- 2011 – Watson (IBM) vince al quiz televisivo Jeopardy.
- Jeopardy, molto famoso negli USA, utilizza una modalità di gioco «a rovescio» rispetto ai quiz televisivi classici: invece di rispondere a domande, è necessario fornire domande alle risposte fornite.

Quiz: *Napoleone Bonaparte*

Possibile risposta: *Chi morì in esilio a Sant'Elena?*
- Watson è un calcolatore (80 TFLOPs) dotato di software per l'elaborazione del linguaggio naturale, information retrieval, rappresentazione della conoscenza, ragionamento automatico, e tecnologie di apprendimento automatico nel campo dell'«open domain question answering» (risposte a domande a dominio aperto senza restrizioni sull'argomento).
- Durante il quiz, Watson aveva accesso a 200 milioni di pagine di contenuti (4 terabytes) tutte caricate in RAM: enciclopedie (tra cui Wikipedia), dizionari, thesauri, tassonomie, ontologie (es. Wordnet) e articoli giornale.
- Watson non era connesso a Internet (sarebbe stato in ogni caso troppo lento lanciare ricerche online).
- Applicazioni di Watson in ambito **diagnostica medica** [1]  
con risultati, fino ad ora, al di sotto delle aspettative iniziali [2].

[1] <https://www.ibm.com/watson-health/solutions/cancer-research-treatment>

[2] <https://spectrum.ieee.org/biomedical/diagnostics/how-ibm-watson-overpromised-and-underdelivered-on-ai-health-care>

# Google DeepMind vince a Go

- 2016 – AlphaGo (Goggle) batte il campione Lee Sedol (9 dan).
- Go è un antico gioco cinese, con regole semplici ma molte più mosse possibili rispetto agli scacchi (ramificazione iniziale 361), cosa che richiede più intuizione e rende critico adottare approcci di ricerca tipo alpha-beta pruning.
- AlphaGo utilizza la ricerca ad albero Monte Carlo (MCTS) per la selezione delle mosse guidato da due deep neural networks.
- Inizialmente le reti sono addestrate in modo supervisionato cercando di imitare le mosse di professionisti a partire da partite memorizzate e rese disponibili dai Go Server su Internet (30 milioni di mosse).
- Poi il sistema gioca milioni di partite contro sé stesso utilizzando reinforcement learning per migliorare la strategia.
- Nella partita finale utilizza 1202 CPU e 176 GPU.





# Machine Learning e Videogames

- **2013** – **DeepMind** (Goggle) dimostra la possibilità di apprendere abilità super-human in numerosi giochi arcade della vecchia console **Atari**.

La cosa più sorprendente è che l'input è costituito da uno stream di dati grezzi (sequenze di pixel maps).



- **2017** – **OpenAI** sviluppa con tecniche di ML un bot capace di battere il professional gamer Dendy al gioco **Dota 2** (genere MOBA: **m**ulti**p**layer **o**nline **b**attle **a**rena).



*Principale criticismo:*  
non si tratta di gioco RTS (real-time strategy) e competizione solo in modalità 1v1 (e non 5v5).

- **2019** – **DeepMind** successo di AlphaStar in **StarCraft II**.

<https://deepmind.com/blog/article/alphastar-mastering-real-time-strategy-game-starcraft-ii>

# Calcio e Robotica

- **1997-2050** – **RoboCup** è una sfida realizzata a partire dal 1997 con l'obiettivo di realizzare, entro il 2050, una squadra di robot umanoidi autonomi in grado di sfidare e, possibilmente, battere la squadra di calcio campione del mondo.

*Siamo ancora un po' lontani ...*

<https://www.youtube.com/watch?v=-WpAbjNR7Y4>

Robot **NAO**  
*disponibile per tesi*



- Più in generale per il settore della robotica prestazioni ancora «**scadenti**» nell'esecuzione di compiti che richiedono autonomia e interazione con ambienti sconosciuti.

DARPA Challenge 2015:

<https://www.youtube.com/watch?v=g0TaYhjpOfo>

Ma grandi passi avanti nella meccanica, elettronica e controllo:

Boston Dynamics

<https://www.bostondynamics.com/>

<https://www.youtube.com/watch?v=fn3KWM1kuAw>

ma non solo

<https://www.youtube.com/watch?v=u3L8vGMDYD8>



# Le stagioni dell'Intelligenza Artificiale

## ■ 1940-1974 – La nascita e gli anni d'oro

- Primi calcolatori elettronici (relè e valvole termoioniche) nascono in epoca II guerra mondiale.
- Teoria della computazione di Turing e Test di Turing.
- Teoria dell'Informazione di Shannon.
- Neuroni artificiali (McCulloch and Pitts, 1943).
- Nascita ufficiale e conio del nome al Dartmouth Workshop (1956). Tra i pionieri: McCarthy, Minsky, Shannon, Newell, Simon.
- Primi importanti risultati nell'ambito del symbolic reasoning, del problem solving (es. GPS), del natural language processing (es. Eliza).
- Grande entusiasmo e predizioni **troppo ottimistiche**  
1970, Marvin Minsky: *In from three to eight years we will have a machine with the general intelligence of an average human being.*

## ■ 1974-1980 – Il primo inverno

- Risultati non all'altezza delle aspettative, drastica riduzione dei finanziamenti.
- **Problemi:** scarsa capacità computazionale, esplosione combinatoria e non trattabilità, dataset di piccole dimensioni.
- Ridimensionamento dell'approccio connessionistico (reti neurali).

## ... continua

### ■ 1980-1987 – Nuova primavera

- Nascita dei sistemi esperti: conoscenza + regole logiche.
- Nuova linfa alle reti neurali dall'algoritmo Backpropagation (Rumelhart, Hinton & Williams 1986).
- Finanziamento governo Giapponese per la Quinta Generazione di Calcolatori: i calcolatori «intelligenti».

### ■ 1987-1993 – Il secondo inverno

- Flop «Quinta generazione». Nuovo stop finanziamenti.
- Hardware specializzato non più competitivo con PC, calo business.
- Risultati concreti dei sistemi esperti solo in campi specifici.
- Reti neurali non scalano a problemi complessi.

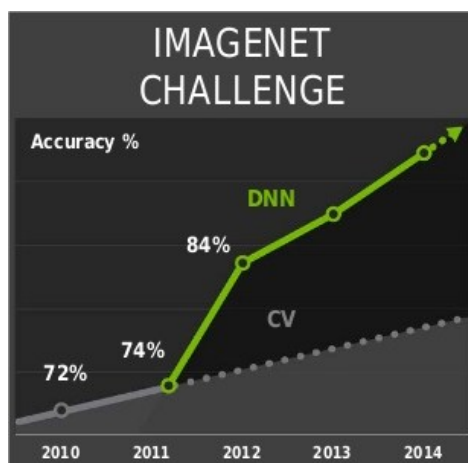
### ■ 1993-2011 – Tempi moderni

- Hardware sempre più potente.
- Bayesian Networks, Intelligent Agents.
- Classificatori robusti (SVM), Multi-classificatori (Random Forest, Adaboost)
- Hidden Markov Models (HMM).
- Maturità tecniche di feature extraction (hand-crafted) in diversi domini, (es. SIFT, Dictionaries & Bag of Words).
- Deep Blue, Watson, Darpa Grand Challenge (guida automatica).
- Successi in numerose discipline: visione, sistemi biometrici, riconoscimento del parlato, robotica, guida automatica, diagnosi mediche, data mining, motori di ricerca, videogames.

# Deep Learning

## ■ 2011-oggi – Deep learning

- CNN (Convolutional Neural Network) introdotte da Yan LeCun nel 1989, ma risultati inferiori ad altre tecniche: mancavano due ingredienti fondamentali, **big data** & **potenza calcolo**, grazie ai quali è possibile addestrare reti con molti livelli (**deep**) e milioni di parametri.
- Nel 2012 **rivoluzione** in **Computer Vision**: una CNN denominata **AlexNet** vince (con ampio margine) **ImageNet challenge**: object classification and detection su milioni di immagini e 1000 classi.



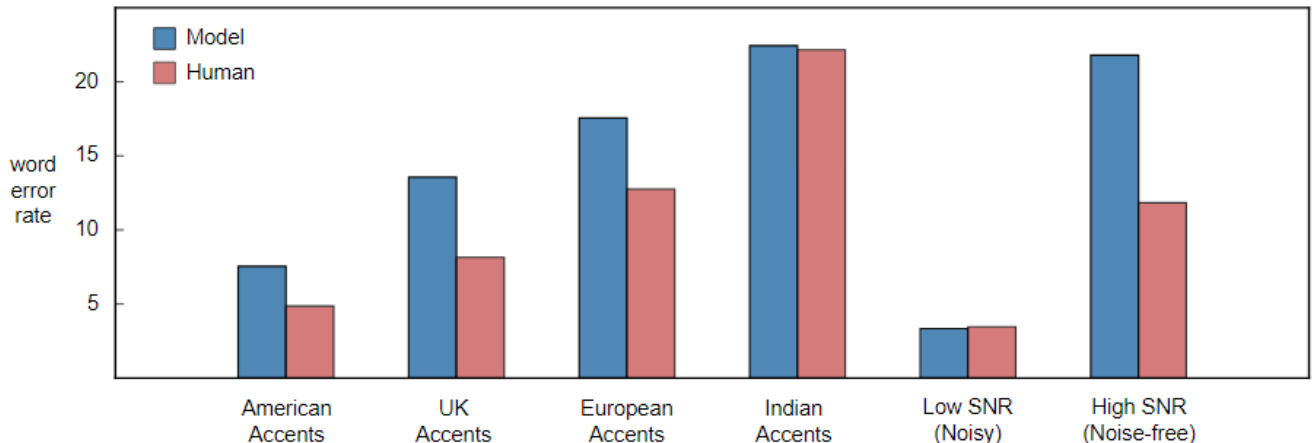
- Google acquisisce la tecnologia, ingaggia gli autori (Goffrey Hinton + Alex Krizhevsky: Univ. Toronto) e in sei mesi la incorpora nei propri prodotti (es. Google – Immagini, Street view).



## ... continua

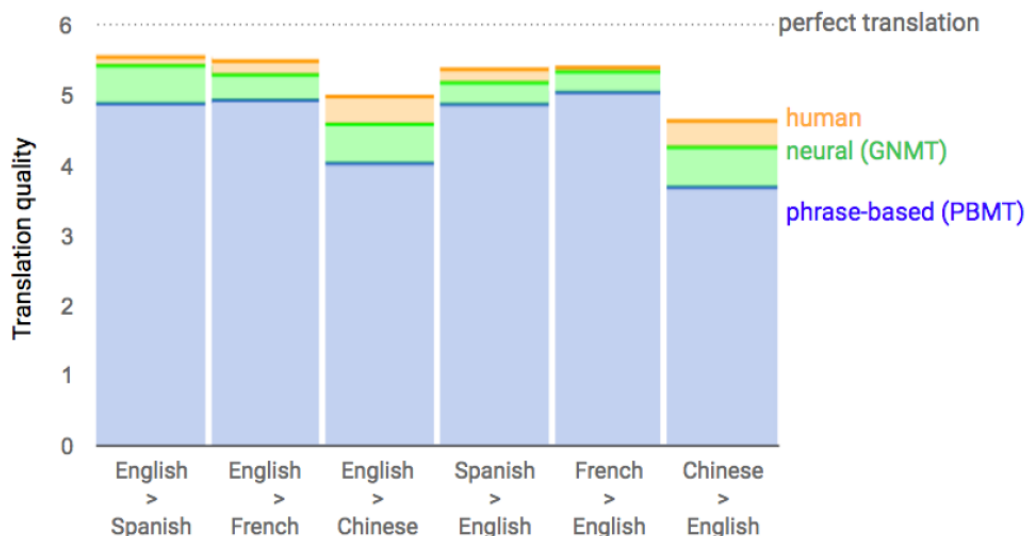
- 2016 - **Speech Recognition** (es: Siri, Google Now...) in lingua inglese ha oramai raggiunto e superato prestazioni umane (ref. Baidu - Deep Speech 2).

*> 10,000 ore di parlato (milioni di utenti) per il training*



- 2016 – **Language Translation** per alcune lingue eguaglia prestazioni umane (ref. Google - Neural Machine Translation System).

*- 36 milioni di coppie di frasi per il training*



# Deep Learning e Generative AI

A partire dal 2018 sono addestrati **Large Language Models** (modelli generativi basati su reti neurali profonde di tipo **Transformer**) su enormi quantità di testo:

- **GPT-3** (OpenAI 2020) da cui è stato derivato **ChatGPT** (OpenAI 2022) addestrato su circa 45 TB di testo
- Costo stimato addestramento: 4.6 million US\$ and 355 years on a single “top” GPU.



Nel 2023 OpenAI rilascia **GPT-4** (subito integrato in Bing e altri servizi Microsoft):

- Dettagli tecnici non noti, ma si stima di almeno 1 ordine di grandezza superiore in termini di parametri e profondità.

Sebbene questi modelli siano stati «prevalentemente» addestrati a eseguire compiti semplici (**predire la prossima parola in una frase**):

- Emergono capacità **reasoning e comprensione** oltre alle aspettative (**sparks of AGI ?**).
- L'addestramento su codice sembra essere determinante a tal fine

**2023-2025** - non solo OpenAI: Google (**Gemini**), Anthropic (**Claude**) e altri LLM (anche open source) in competizione con GPT.

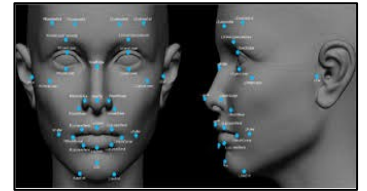


# ... continua

Le tecniche di deep learning **raggiungono e superano** lo stato dell'arte in molteplici applicazioni. Talvolta superano anche le prestazioni umane.

## Perception (visual, auditory)

- Object Detection and Localization (es. [Yolo](#))
- Face Recognition, Pedestrian Detection
- Autonomous Car (es. [PilotNet](#)) and Drones (es. [TrailNet](#))
- Speech Recognition ([Intro](#))



## Language

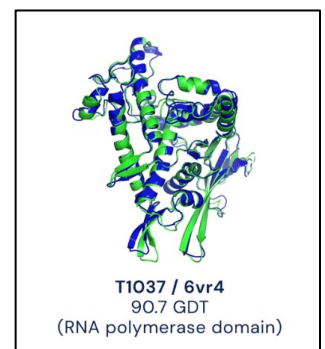
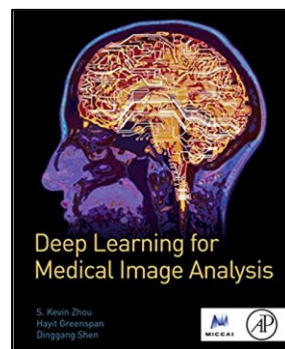
- Large Language Models (es. [GPT-4](#))
- Translation, Summarization, Question Answering
- Generazione [Immagini da Testo](#).
- Programming Assistant (e.g. [Github Copilot](#)).

*Risparmio 35...50% di tempo da stime di Cisco, McKinsey e Microsoft*

- Recommendation Systems

## Medicine, Biochemistry, Human Computer Interfaces

- Medical Image Analysis (es. [CheXnet](#))
- Protein Folding, Biomolecule combination ([Alpha fold](#))
- Brain Implants (es. [Neuralink](#))





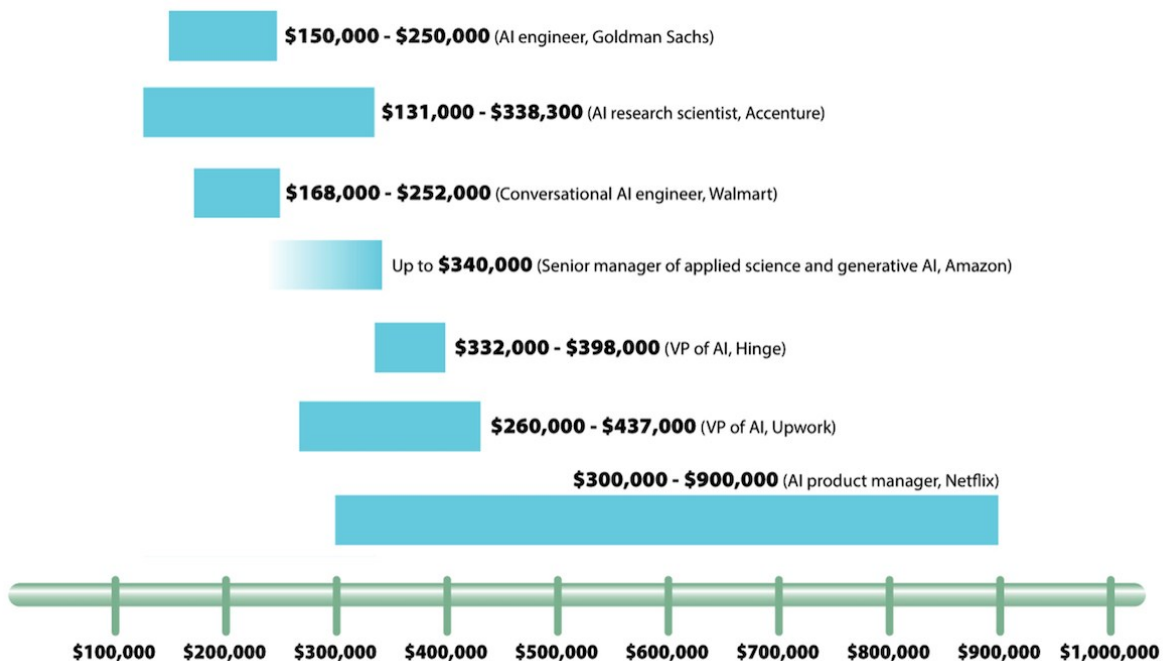
# Il business dell'AI

- Con l'avvento del Deep Learning i big dell'ICT (Microsoft, Google, Amazon, Meta, Nvidia, Baidu, Apple, Samsung, Tesla, ...) investono molto nel settore **reclutando talenti** e **acquisendo** start-up. Negli USA la migrazione da Accademia ad aziende (*grab of talents*) è per alcuni piuttosto preoccupante.



Le azioni **NVIDIA** (attuale monopolista di GPU per l'AI) schizzano dopo la diffusione di ChatGPT (fine 2022).

- Negli USA gli stipendi per gli specialisti AI sono molto alti (fonte: Wall Street Journal, 2023):



# Machine Learning raccontato da ...

## ■ How we're teaching computers to understand pictures (2015)

*Uno dei migliori talk sull'avvento del deep learning*

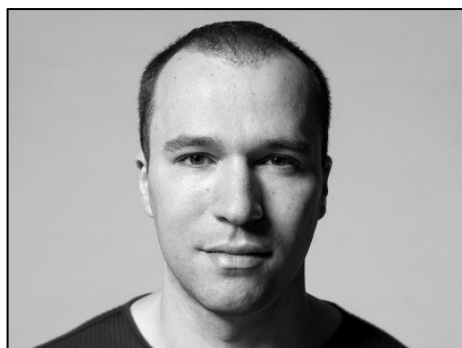


**Fei Fei Li** (**TED talk**). As Director of **Stanford's** Artificial Intelligence Lab and Vision Lab, Fei-Fei Li is working to solve AI's trickiest problems — including image recognition, learning and language processing.

[https://www.ted.com/talks/fei\\_fei\\_li\\_how\\_we\\_re\\_teaching\\_computers\\_to\\_understand\\_pictures](https://www.ted.com/talks/fei_fei_li_how_we_re_teaching_computers_to_understand_pictures)

## ■ The inside story of ChatGPT's astonishing potential (2023)

*Racconta come è stata vissuta internamente...*



**Greg Brockman** (**TED talk**). Co-fondatore OpenAI e pioniere Intelligenza Artificiale.

[https://www.ted.com/talks/greg\\_brockman\\_the\\_inside\\_story\\_of\\_chatgpt\\_s\\_astonishing\\_potential](https://www.ted.com/talks/greg_brockman_the_inside_story_of_chatgpt_s_astonishing_potential)

# Technological Singularity

- Una **singolarità tecnologica** è un punto, previsto nello sviluppo di una civilizzazione, dove il progresso tecnologico accelera oltre la capacità di prevedere degli esseri umani moderni:
  - dal momento in cui sarà realizzato il primo calcolatore più intelligente dell'uomo si assisterà a uno sviluppo esponenziale, potendo delegare la progettazione di nuovi sistemi ai sistemi stessi (che operano, con feedback positivo, senza fatica 24 ore su 24!).
  - *“la prima macchina ultra-intelligente sarà l'ultima invenzione che l'uomo avrà la necessità di fare”*, I.J. Good, 1965.
- «**The Singularity is Near**» è il titolo di un libro del 2006 scritto dall'inventore e futurista **Ray Kurzweil**
  - Kurzweil ipotizza singolarità intorno al **2045**.
  - Oltre all'Intelligenza Artificiale, sempre più importanti nel futuro saranno: Genetic Engineering (Biotecnologie), Nanotecnologie e Robotica.



**Ray Kurzweil** invented the first optical character recognition (OCR) software, the first print-to-speech software for the blind, the first text-to-speech synthesizer, the first music synthesizer for piano, and the first commercially marketed large-vocabulary speech recognition.

In 2009, he unveiled **Singularity University**, an institution that aims to "assemble, educate and inspire leaders who strive to understand and facilitate the development of exponentially advancing technologies."

# Fantascienza o Realtà?

- Hardware sempre più potente
  - La [legge di Moore](#) e l'evoluzione tecnologica
  - Già disponibili super-computer con “raw computing power” superiore a quello del cervello umano (stimato in 10-100 PetaFlops).
  - Raw computing power non significa però intelligenza!
- Artificial General Intelligence ([AGI](#)) vs AI
  - Deep learning ha portato enormi progressi nell'intelligenza percettiva ([pattern recognition](#)) ma fino al 2022 poco in termini di intelligenza generale per la risoluzione di task intellettuali sofisticati.
  - I recenti [LLM](#) mostrano capacità di reasoning inattese e il settore AI è in grande fermento.
- Perché non ispirarsi al cervello umano ?
  - Nonostante progressi nelle neuroscienze, reverse-engineering del cervello umano ancora troppo complesso. L'algoritmo della corteccia celebrale ancora sconosciuto (lettura consigliata: “[A Thousand Brains: A New Theory of Intelligence](#)”, J. Hawking, 2021).
- Mind-uploading e transumanesimo
  - Alcune startup già ci speculano:  
<https://www.technologyreview.com/s/610456/a-startup-is-pitching-a-mind-uploading-service-that-is-100-percent-fatal/>

# Dobbiamo preoccuparci?

- Diversi scienziati e personaggi influenti **sono preoccupati**:  
*The development of full artificial intelligence could spell the end of the human race* - Stewen Hawkins
- **2015**, **Open Letter on Artificial Intelligence**: scritta e firmata da personaggi illustri (Hawkins, Musk, ..., Hinton, Bengio, LeCun, ...Bostrom) che raccomandano di dedicare fin da ora risorse allo studio del problema del “**controllo**” di super-intelligenze artificiali da parte dell'uomo. Nel **2023**, oltre 1100 firmatari chiedono di **interrompere lo sviluppo** di LLM più potenti di GPT-4 per almeno 6 mesi.
- Sempre nel **2023** **Goffrey Hinton** (da molti ritenuto il padrino dell'AI) abbandona il suo ruolo in Google e dichiara di temere che i suoi contributi scientifici possano portare a un futuro preoccupante.
- Regolamentazioni etiche (**AI Act** della Commissione Europea)
- **What happens when our computers get smarter than we are (2015)?**

*Talk un po' datato ma ancora attuale...*



**Nick Bostrom** (**TED talk**). Since 2005, Bostrom has led the **Future of Humanity Institute**, a research group of mathematicians, philosophers and scientists at Oxford University tasked with investigating the big picture for the human condition and its future. He has been referred to as one of the most important thinkers of our age.

[https://www.ted.com/talks/nick\\_bostrom\\_what\\_happens\\_when\\_our\\_computers\\_get\\_smarter\\_than\\_we\\_are](https://www.ted.com/talks/nick_bostrom_what_happens_when_our_computers_get_smarter_than_we_are)

# Dobbiamo preoccuparci? (2)

## ■ The catastrophic risks of AI — and a safer path (2025)?



**Yoshua Bengio** (TED talk). Professore di Computer Science in Canada. Ha ricevuto nel 2018 il Turing Award, insieme a Hinton e LeCun, per fondamentali contributi allo sviluppo del deep learning. Bengio è lo scienziato vivente più citato al mondo rispetto a tutte le discipline.

[https://www.ted.com/talks/yoshua\\_bengio\\_the\\_catastrophic\\_risks\\_of\\_ai\\_and\\_a\\_safer\\_path?subtitle=en](https://www.ted.com/talks/yoshua_bengio_the_catastrophic_risks_of_ai_and_a_safer_path?subtitle=en)

# Il vostro contributo al futuro

*“The future depends on some graduate student who is deeply suspicious of everything I have said” - [Geoffrey Hinton, 2019](#).*



Yann LeCun (sinistra), Geoffrey Hinton (centro) e Yoshua Bengio (destra) hanno vinto il Turing Award 2018, premio considerato da molti il Nobel per Computer Science.