

Comprendere la fisica: un aiuto dall'intelligenza artificiale



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI BARI
ALDO MORO



Alfonso Monaco – Dipartimento di Fisica M. Merlin
Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

Aprile 16, 2024

I BIG DATA

Numeri e Esempi

1 bit = 0/1 → Una lettera = 1 byte (= 8 bit).
A book = an average quality photo = about 1 Megabyte.
1 Gibabyte = 1.000 books
1 Terabyte = 1.000.000 books

Facebook:

500 Terabytes of data per day; about 3 billion “likes” and 300 million photos belong to these Terabytes.
Estimated data owned by FB: 100,000 Terabytes.

Google e Amazon → over a million Terabytes.



Un Boeing 737 genera circa 240 Terabyte di dati in un volo sopra gli Stati Uniti .

Big Data: Definizione

✓ Historically, most decisions — political, military, business, and personal — have been made by brains [that] have unpredictable logic and operate on subjective experiential evidence. “Big data” represents a **cultural shift** in which more and more decisions are made by algorithms with transparent logic, operating on documented immutable evidence. I think “big” refers more to the **pervasive nature of this change than to any particular amount of data.**

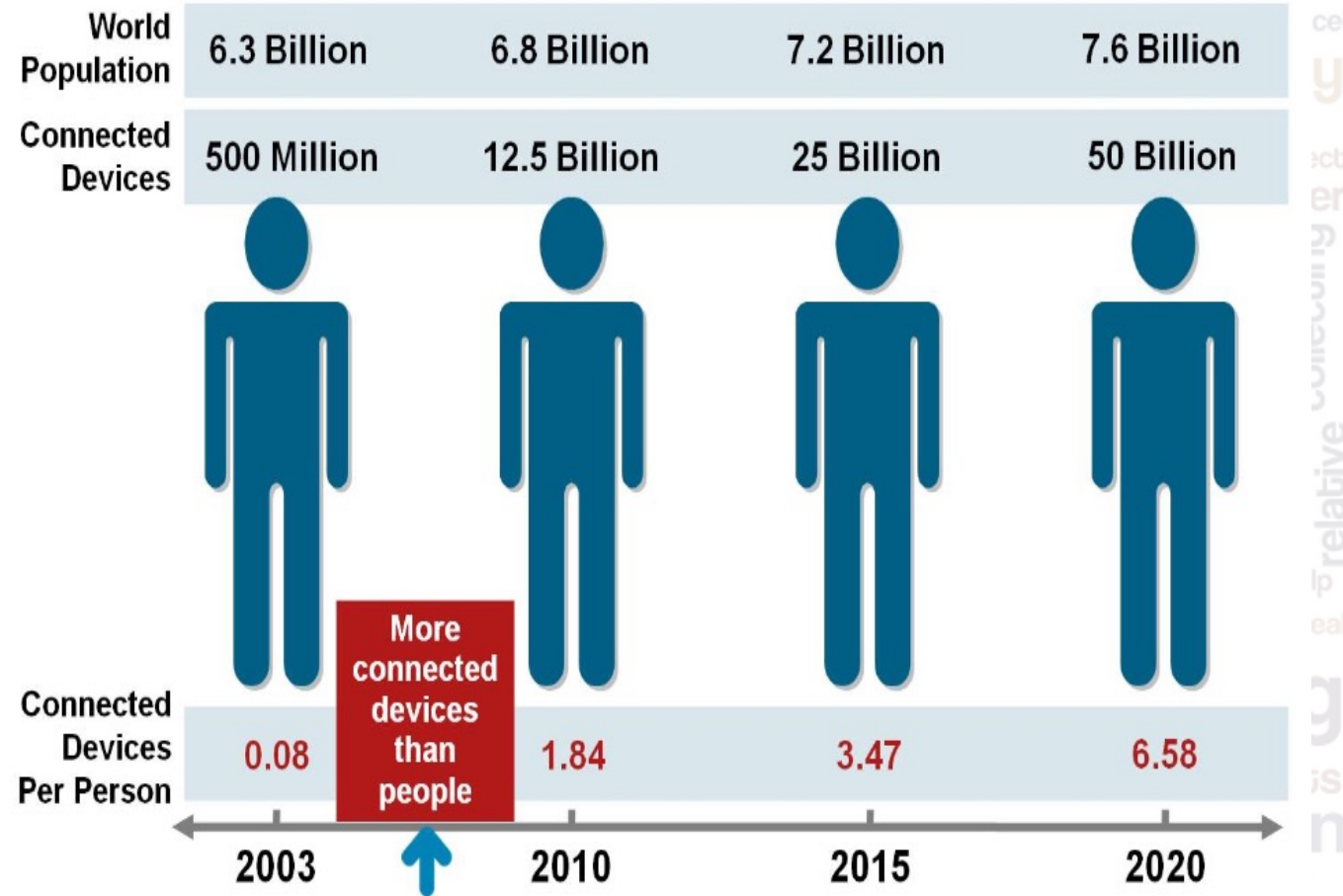
[datascience.berkeley.edu/what-is-big-data/]

✓ Glossario Gartner:
“Big data is high-**V**olume, high-**V**elocity and/or high-**V**ariety information assets that demand cost-effective, innovative forms of information processing that enable enhanced insight, decision making and process automation”.

Popolazione vs dispositivi

Quanti dispositivi
"connessi" possiede
ognuno di voi?

Figure 1. The Internet of Things Was "Born" Between 2008 and 2009



Source: Cisco IBSG, April 2011

Big Data nella fisica e nella scienza



- Al giorno d'oggi è praticamente scomparsa la figura dello scienziato che da solo in laboratorio porta avanti un esperimento scientifico.
- Ormai gli esperimenti scientifici sono grandi collaborazioni con centinaia o migliaia di scienziati con differenti competenze.
- L'uso di nuove tecnologie sempre più performanti ha di fatto aperto l'era dei Big Data anche nella scienza.

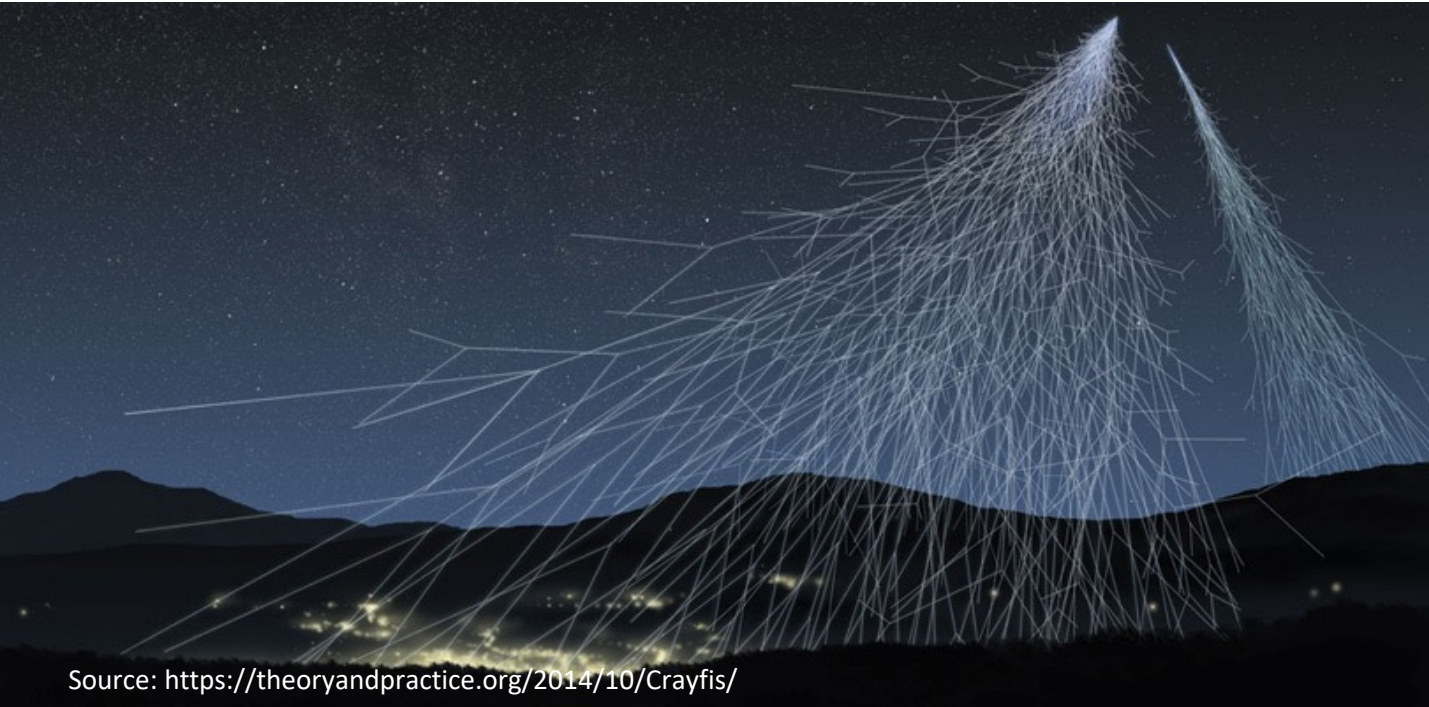
Big Data nella fisica delle particelle



- In ogni singolo run di LHC possono essere prodotte milioni di particelle che portano moltissime informazioni;
- Ogni anno LHC produce circa 25 Pbyte di dati da analizzare.



Big Data nella fisica delle astroparticelle



Source: <https://theoryandpractice.org/2014/10/Crayfis/>

- Ogni secondo incidono sull'atmosfera terrestre circa $5 \cdot 10^{14}$ protoni cosmici che prima di arrivare sulla terra innescano migliaia di interazioni e processi.

Big Data nella genomica

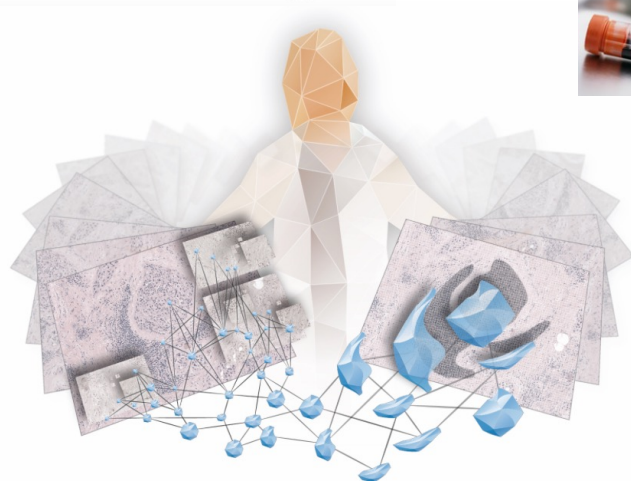
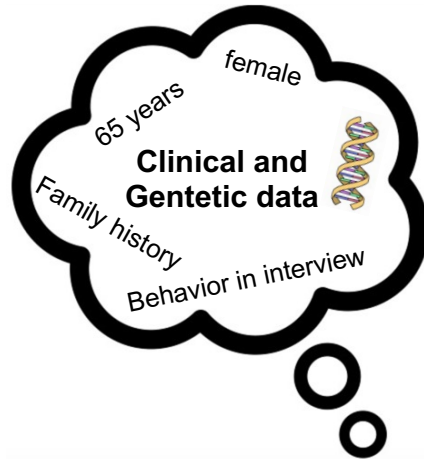


- Negli ultimi quindici anni, le tecnologie di sequenziamento di nuova generazione (Next Generation Sequencing) hanno consentito lo studio di complessi fenomeni biologici e fisiologici a un nuovo livello;
- Questi esperimenti ogni anno producono circa 150 Pbyte di dati.

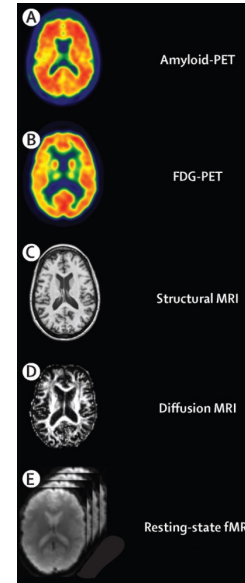
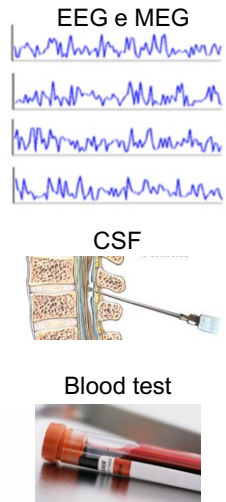
Big Data nelle neuroscienze



Multiple Scales



Multiple data types



Multiple databases



- Il cervello umano possiede tra 10^{13} e 10^{15} sinapsi neurali.

L'Intelligenza Artificiale ed il Machine Learning

Intelligenza artificiale

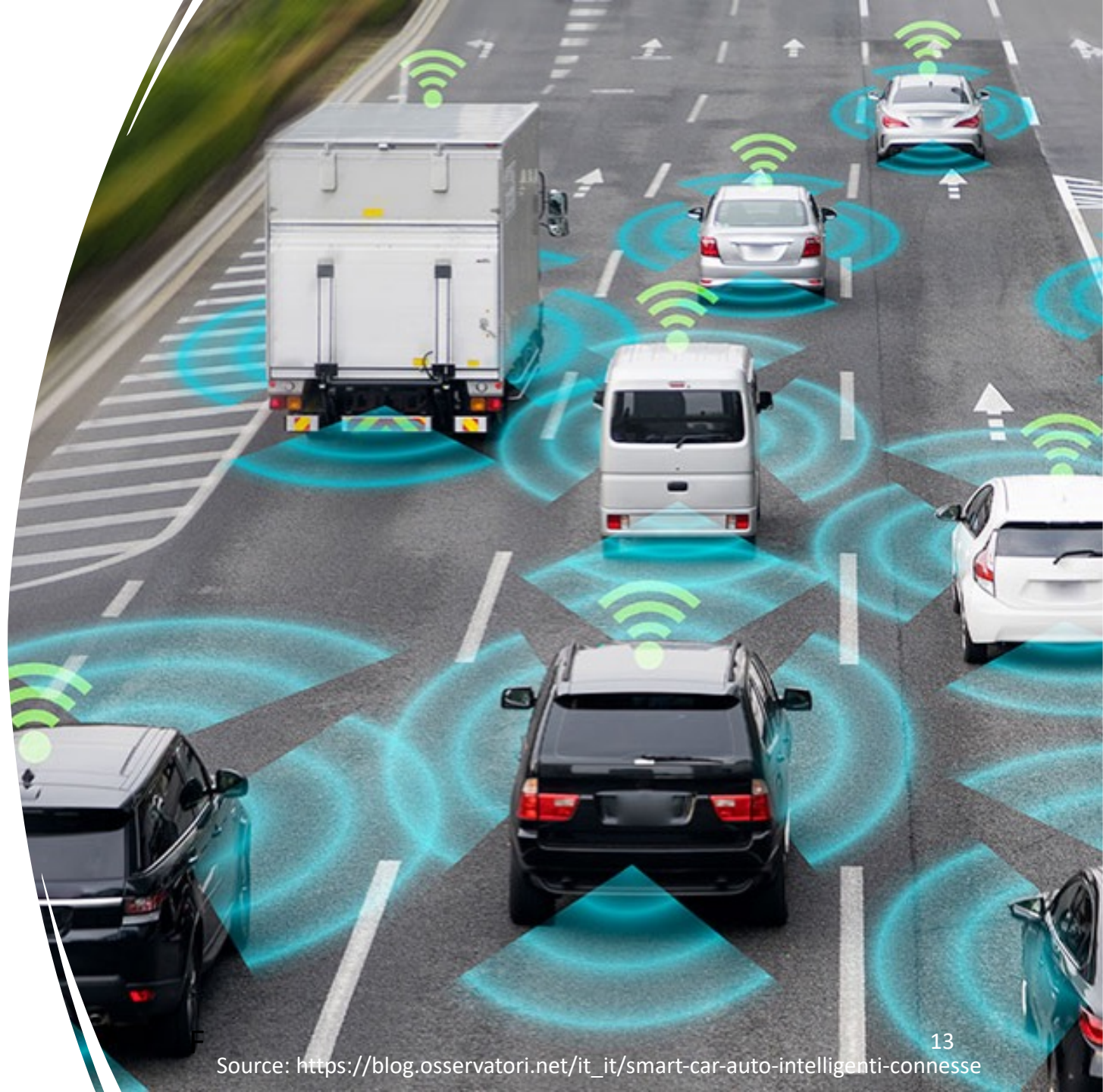
L'intelligenza artificiale è una disciplina che studia come realizzare sistemi informatici (sia hardware che software) in grado di simulare il pensiero umano.

- Sistemi che mostrano un comportamento intelligente nell'analizzare il loro ambiente e intraprendere azioni, con un certo grado di autonomia, per raggiungere obiettivi specifici.



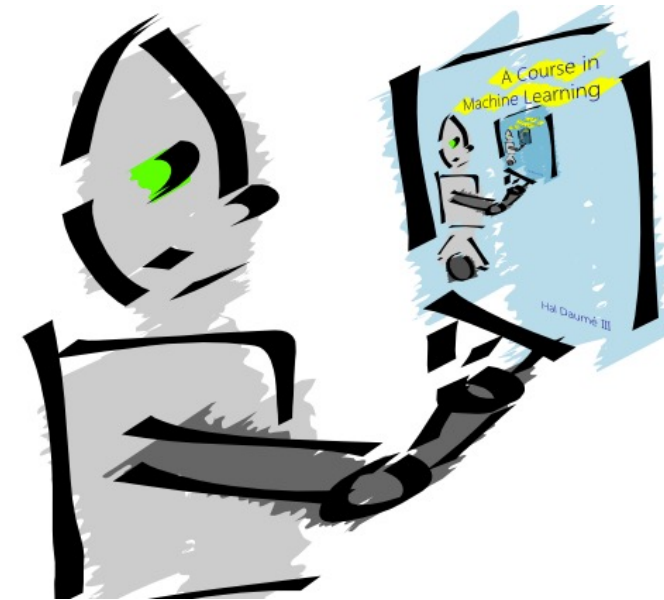
Applicazioni di IA: l'automobile intelligente

Grazie all'intelligenza artificiale e alla tecnologia biometrica (sensori, applicazioni ecc..) le auto guideranno da sole ed apprenderanno le abitudini degli utenti.



Machine Learning

- Ramo dell'AI che sviluppa sistemi capaci di emulare processi di apprendimento che migliorano le loro prestazioni con l'aumentare dell'esperienza e soprattutto dei dati.
- L'apprendimento automatico (ML) sviluppa algoritmi (serie di istruzioni macchina) computerizzati in grado di trasformare i dati in azioni **intelligenti**;
- Per essere intelligente, un sistema che si trova in un ambiente in evoluzione dovrebbe avere la capacità di **apprendere**. Se il sistema può apprendere e adattarsi a tali cambiamenti, il progettista del sistema non deve prevedere e fornire soluzioni per tutte le possibili situazioni;
- Una volta appresa una cosa nuova, un sistema di apprendimento automatico deve saper **generalizzare**, come fa il cervello umano.

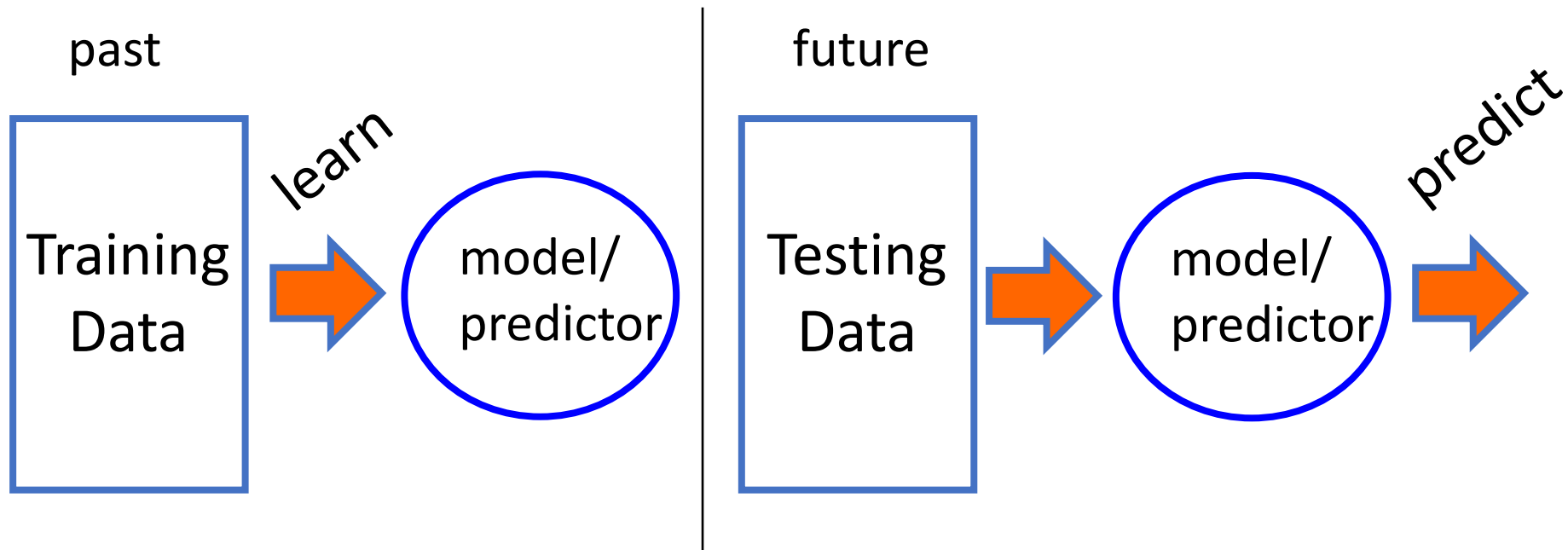


Source: A Course in Machine Learning by Hal Daumé III | BookFusion

Machine Learning è

Machine learning is about predicting the future based on the past.

-- Hal Daume III



Machine Learning: Processo

1

Raccolta dei dati (immagini, dati testuali, audio ecc...)

2

Addestramento del modello (fase di apprendimento)

3

Misurazione delle prestazioni del modello

4

Test del modello (fase di verifica su dati mai visti)



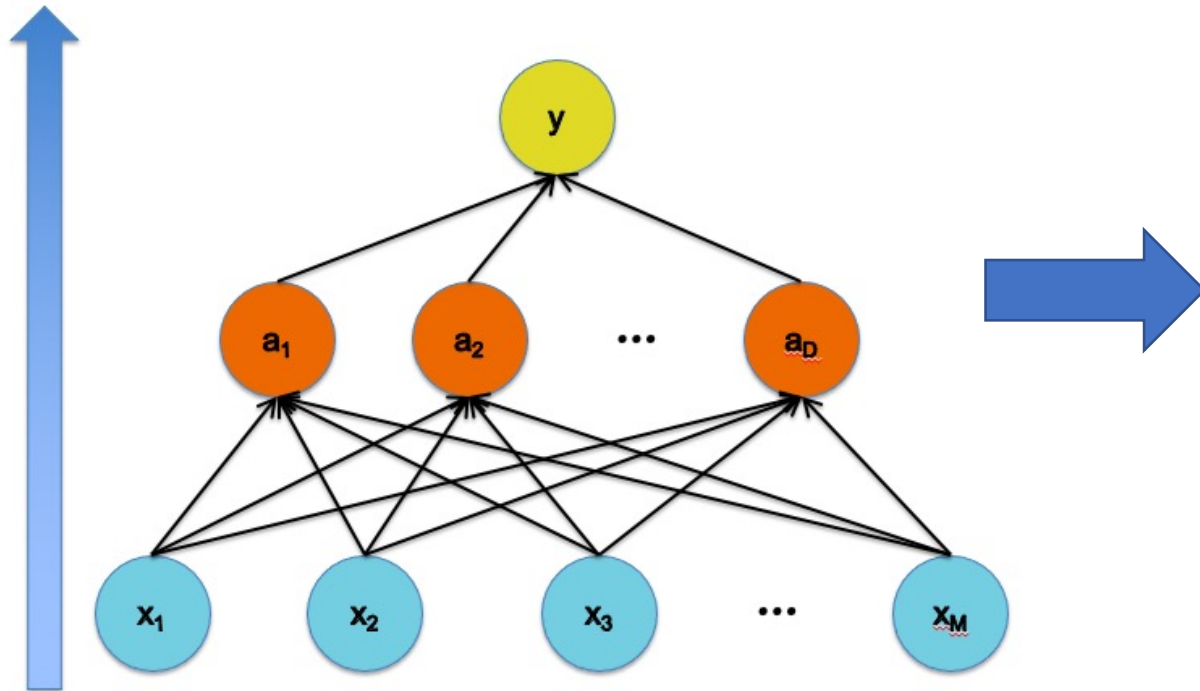
Che cosa è il Coding?

- Il coding è l'insieme di istruzioni che vengono fornite a un computer per dirgli cosa fare. Si usa molto spesso il termine di **algoritmo**.
- Processo di scrivere il codice che permette ai computer di eseguire le nostre istruzioni.
- Il codice è un linguaggio specifico che le macchine possono comprendere ed è composto da una serie di istruzioni ordinate che definiscono le azioni da compiere e i dati da utilizzare.

Machine Learning: I metodi

Algoritmi di ML: le reti neurali artificiali

- Una rete neurale è modello di apprendimento automatico che prende decisioni in modo simile al cervello umano, utilizzando processi che imitano il modo in cui i neuroni biologici lavorano insieme per identificare i fenomeni, soppesare le opzioni e giungere a conclusioni.
- Le reti neurali artificiali si ispirano alla struttura del cervello umano e sono costituite da un'unità fondamentale detta neurone artificiale.

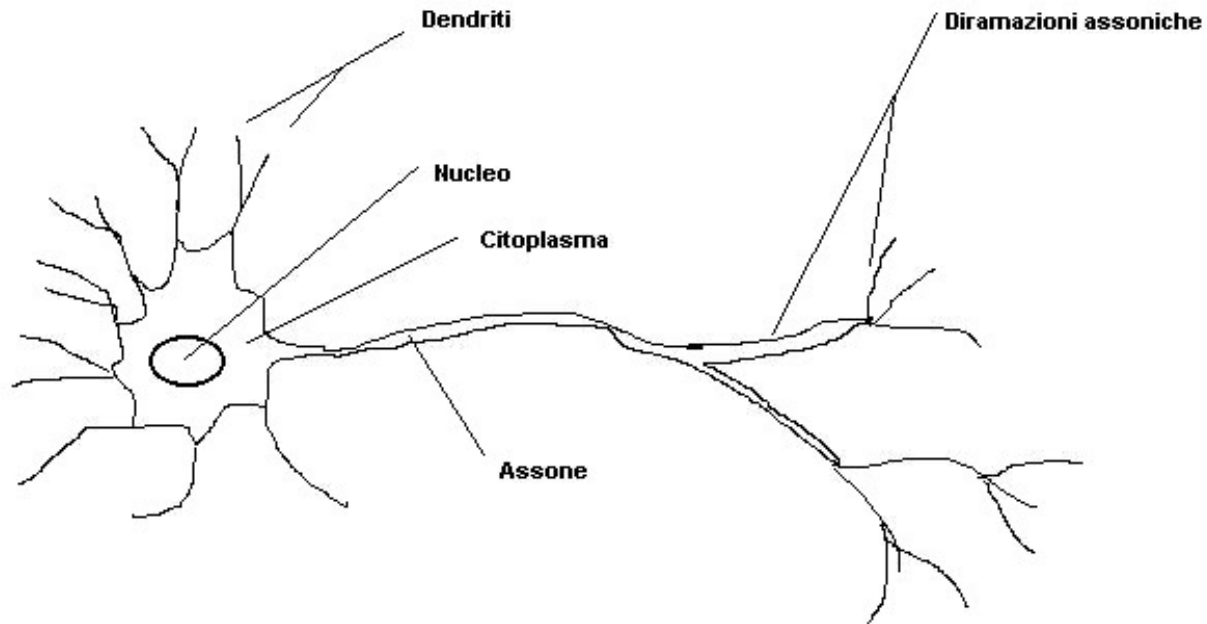


Source: <https://www.stateofmind.it/2017/04/neurone-introduzione-psicologia/>

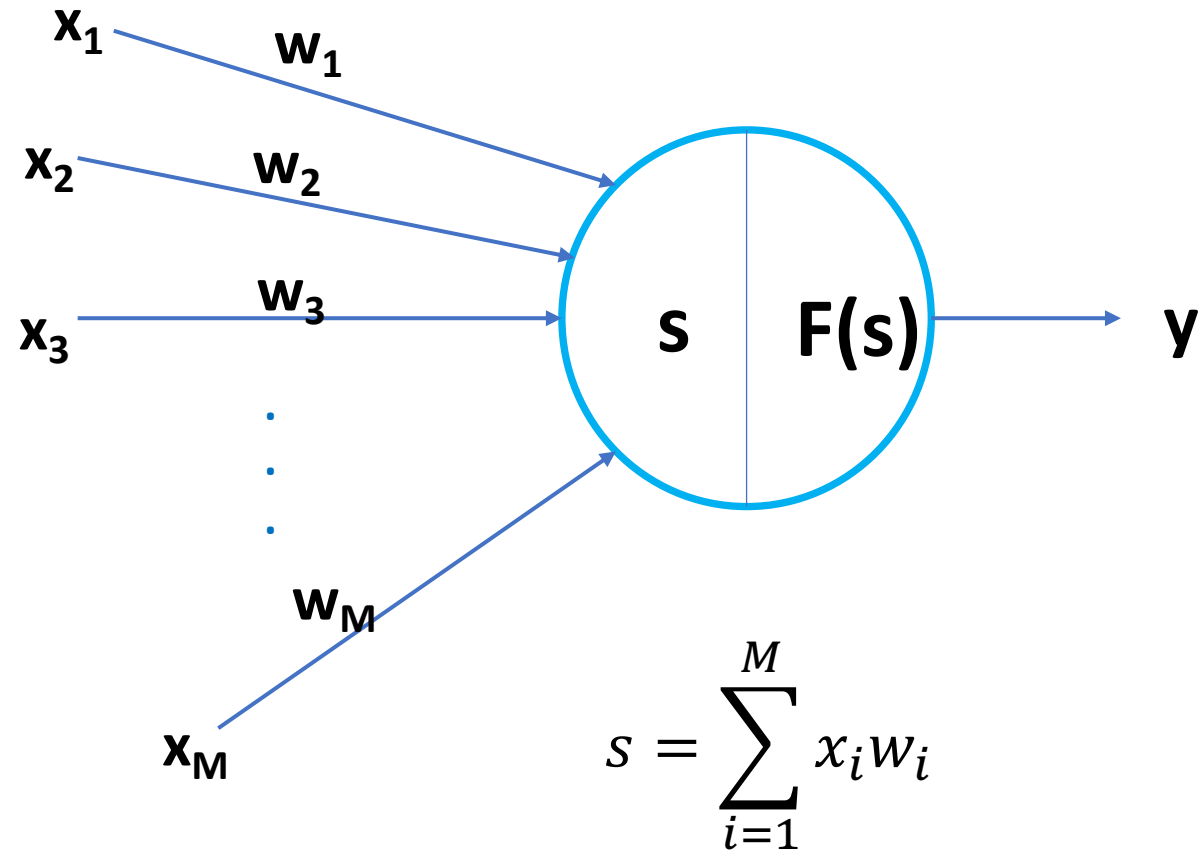


Source: European Research Council

Algoritmi di ML: Il neurone artificiale



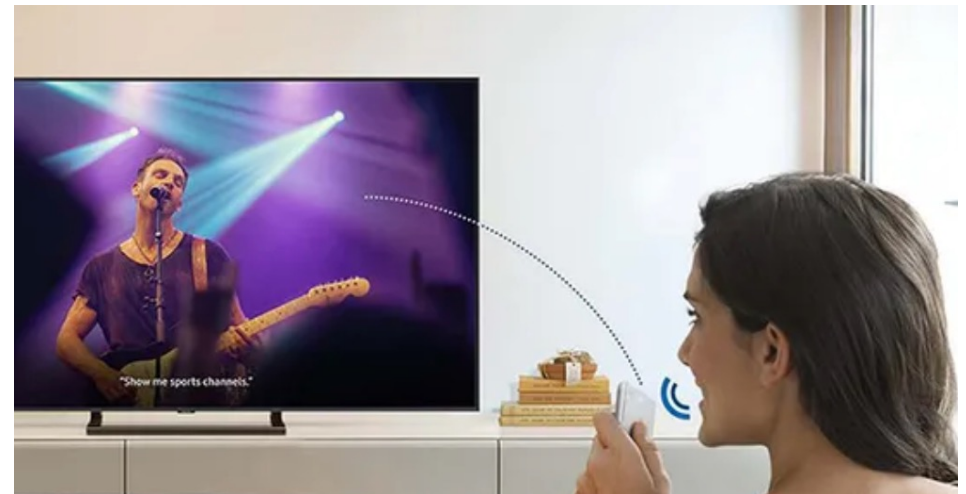
Source: https://digilander.libero.it/dmancini/italiano/neurone/neurone_en.html



Algoritmi di ML più complessi: le reti profonde (deep learning)

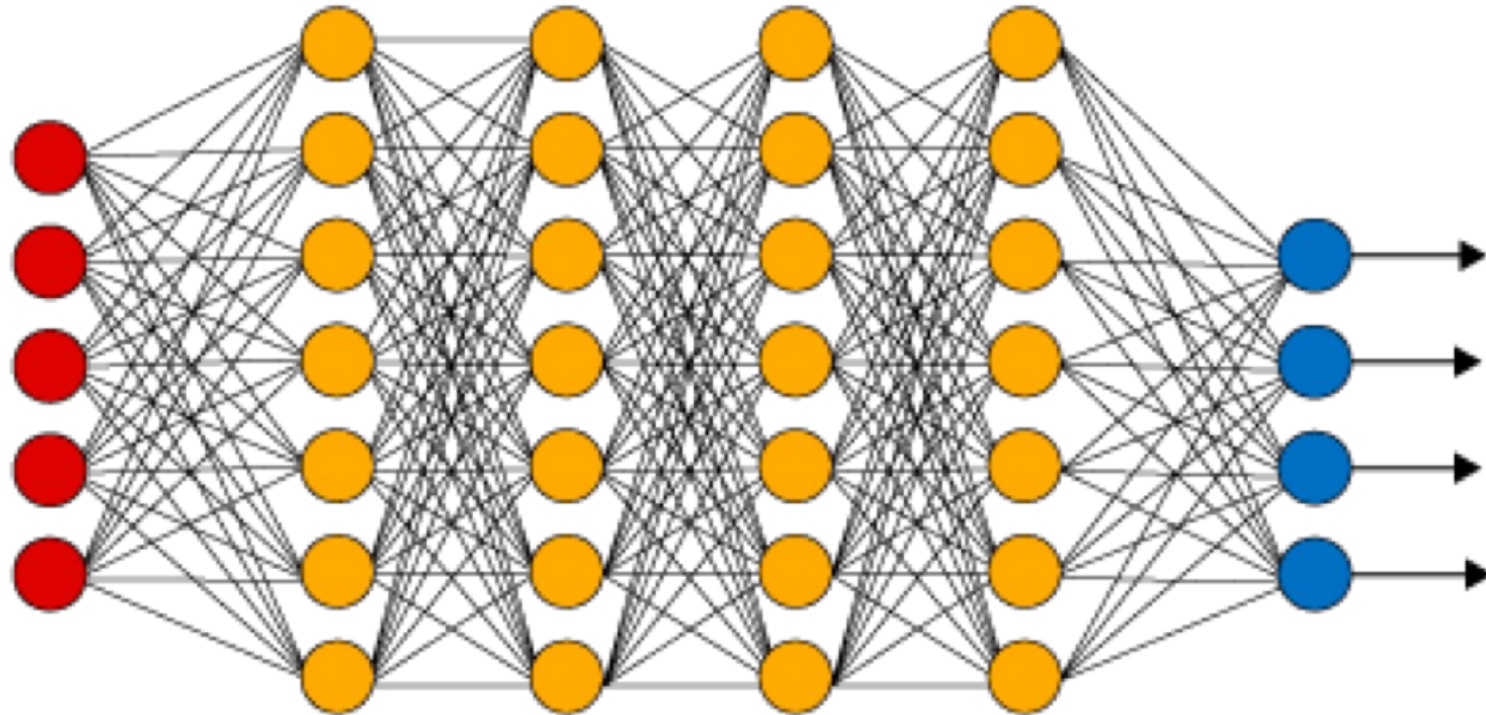
Le reti neurali sono alla base del Deep Learning che al giorno d'oggi grazie alle sofisticate risorse computazionali a disposizione permettono di rivelare interazioni in dati anche molto complessi.

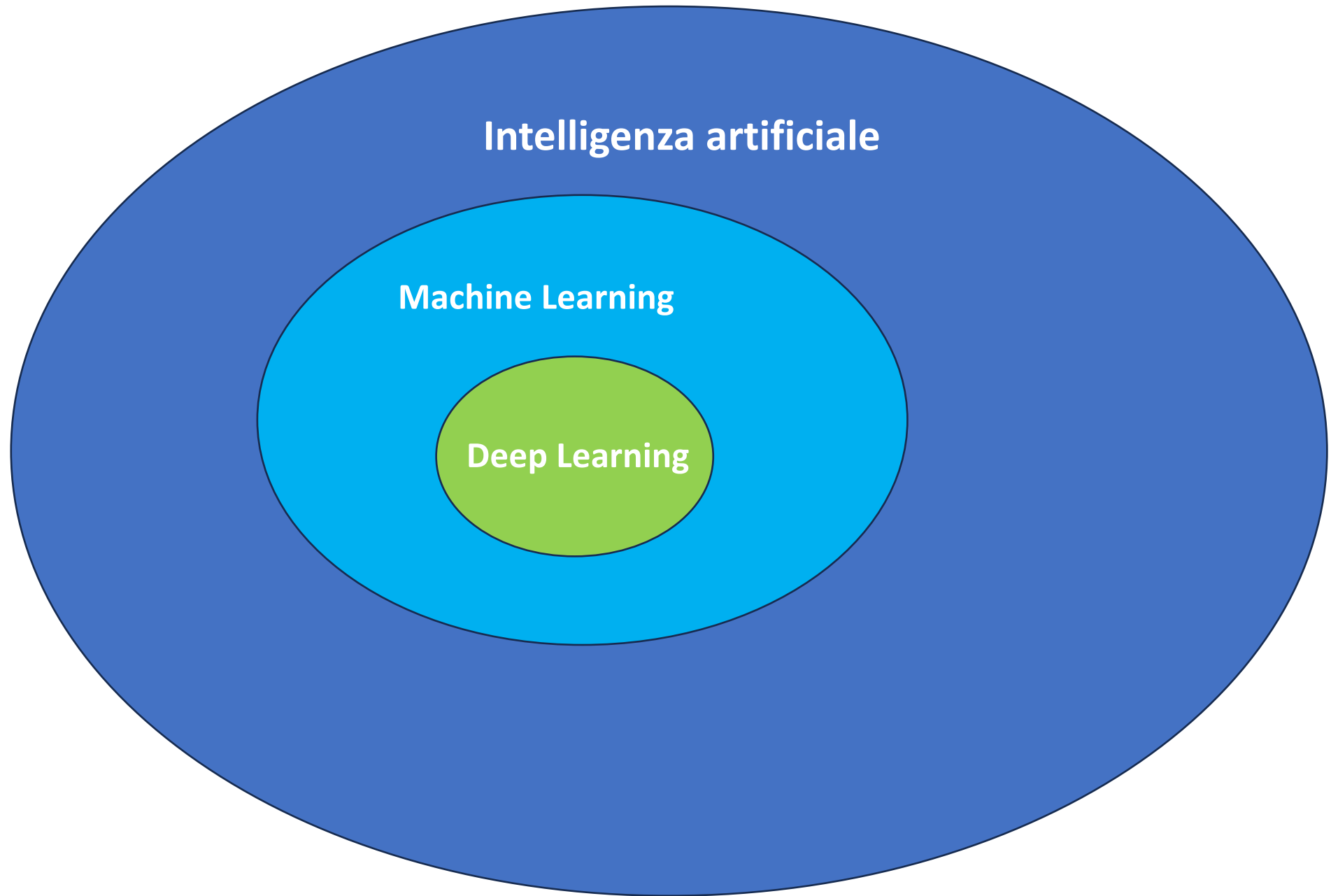
Il Deep Learning è essenzialmente una rete neurale con tre o più livelli ed è per esempio usata in prodotti o servizi d'uso quotidiano come assistenti digitali, telecomandi, TV vocali, sistemi per il rilevamento di frodi con carte di credito o sistemi di guida autonoma e guida autonoma.



Algoritmi di ML più complessi: le reti profonde

Le reti profonde possono risolvere problemi molto complessi. Di contro hanno bisogno di una grande quantità di dati per funzionare. Il ramo del machine learning che studia le reti profonde si chiama Deep Learning.





IA per simulare la voce

- Attraverso algoritmi di Deep Learning alcune applicazioni permettono di ricreare una voce reale in maniera del tutto artificiale.
- In base ad alcune registrazioni di voce reali è possibile creare testi letti da voci artificiali che si ispirano alla voce reale.
- I risultati sono sicuramente discutibili (almeno nelle versioni demo).

<https://www.resemble.ai/>



IA per creare immagini partendo da un testo

- Attraverso algoritmi di Deep Learning creano foto o immagini sulla base di una descrizione scritta.
- Provocazione di un fotografo tedesco che ha partecipato al Sony World Photography Awards con un ritratto che richiama gli Anni Quaranta ma... non è un ritratto.
- Istruzione " Gruppo di 30 studenti che seguono una lezione tenuta da un docente in una stanza ed attraverso un proiettore"
- <https://www.adobe.com/it/products/firefly.html>



Opzione Artistica



Opzione Foto



IA per creare immagini partendo da un'altra immagine

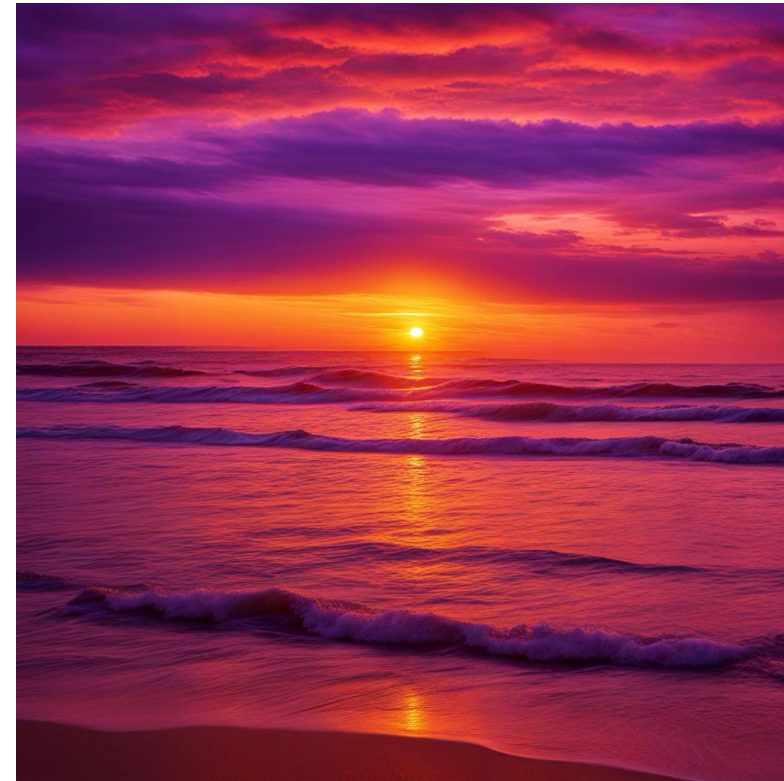
- Attraverso algoritmi di Deep Learning creano foto a partire da un'altra immagine.
- Per esempio l'app di Google Synthesys X



Immagine originale



Immagine simulata



IA per creare immagini partendo da un'altra immagine

Immagine originale



Source: <https://www.ilgrifostampe.com/index.php/prodotto/so-74174-golfo-di-napoli/>

Immagine simulata



IA per creare/modificare video

- Attraverso algoritmi di Deep Learning creare o modificare video.
- L'applicazione HeyGen traduce video in oltre 40 lingue. L'adattamento del labiale è davvero notevole

- <https://app.heygen.com/home>



Lingua originale (Italiano)



Giapponese



ChatGPT ha la coscienza di un bambino di 9 anni?

- Il chatbot è stato sottoposto a una serie di compiti di teoria della mente. Nella scienza cognitiva, questi compiti sono utilizzati per testare la capacità di un essere umano di comprendere situazioni specifiche, il che permette di giudicare il livello di diversi attributi, come l'empatia o la logica.
- L'intelligenza artificiale è riuscita a risolvere 17 dei 20 compiti a cui è stata sottoposta, con una percentuale di successo del 94% che lo mette alla pari con un bambino medio di nove anni.
- Questo non significa che abbia effettivamente "empatia": molto probabilmente l'IA ha utilizzato determinati percorsi per arrivare a specifiche deduzioni.



Source: ChatGPT

ChatGPT ha la coscienza di un bambino di 9 anni?

- I sistemi di machine/deep learning come ChatGPT non creano conoscenza, ma sfruttano le informazioni con cui sono stati addestrati, cioè le informazioni che hanno a disposizione:
- Se ChatGPT fosse esistito nel 1300 in cui si credeva che il sole girasse intorno alla Terra e noi gli avessimo chiesto: "La Terra è al centro dell'Universo?" **cosa ci avrebbe risposto ChatGPT?**



L'IA ci capisce davvero?

Forse avete sentito la storia del cavallo Hans l'Intelligente, che sapeva fare i calcoli.

Hans non faceva veramente i calcoli, ma aveva imparato ad osservare le persone nella stanza per capire quando battere con lo zoccolo per dare il risultato del calcolo.



Source: <https://www.vanillamagazine.it/hans-lintelligente-lincredibile-storia-del-cavallo-che-sapeva-contare/>

Nel 2022, un ingegnere di Google suppose che l'AI di Google fosse senziente. E forse anche voi siete stati sfiorati da questo pensiero per un attimo se avete avuto conversazioni molto umane con qualcosa come ChatGPT.

L'AI ci capisce, o stiamo rivivendo la storia di Hans l'Intelligente?

L'IA ci capisce davvero? Esempio della stanza cinese

Segue le istruzioni per rispondere ad una domanda in cinese

Riesce a rispondere grazie alla conoscenza della lingua cinese



Da fuori sembra impossibile distinguere le due stanze, ma noi sappiamo che all'interno accadono due cose molto diverse. Quindi, anche se l'input e l'output delle due stanze sono identici, il processo che porta dall'input all'output è completamente diverso.

L'IA ci capisce davvero? Esempio della stanza cinese

In maniera analoga, l'AI spesso ci risponde proprio come ci aspetteremmo ma per capire se davvero ci capisce dobbiamo entrare e vedere cosa sta facendo altrimenti rimarrà sempre una black box come molti pensano.



L'IA ci capisce davvero? Guardare all'interno della scatola

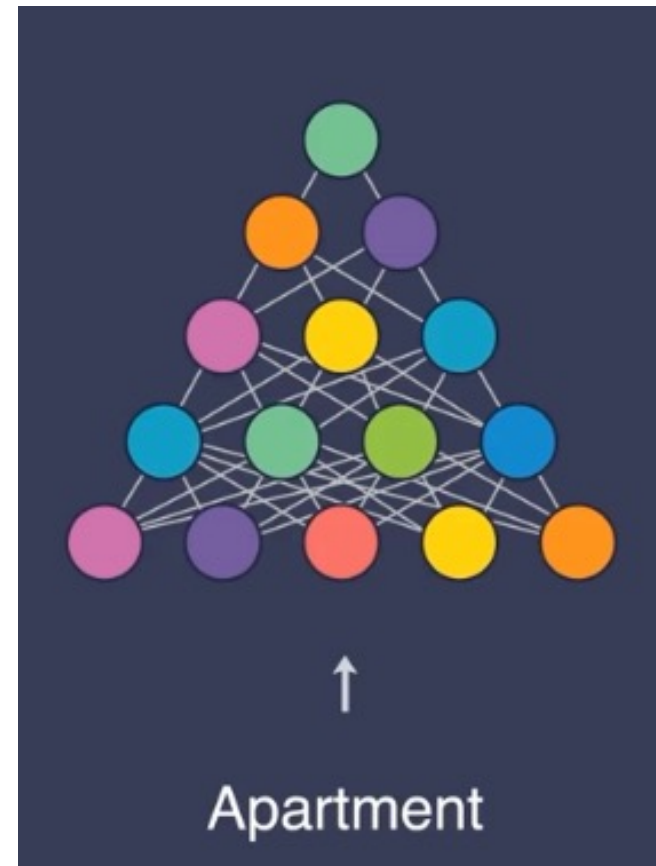
Usando la fMRI o l'EEG, possiamo fare delle istantanee del cervello mentre sta leggendo e vedere come elabora le informazioni.



Quando inseriamo una parola in una rete neurale, ogni piccolo neurone calcola un numero. E quei numeri ci dicono quali neuroni della rete si attivano e come la rete neurale elabora la lingua.

L'IA ci capisce davvero? Guardare all'interno della scatola

Addestriamo un modello che basato sulle informazioni della rete neurale in risposta all'input di una parola predice quello che avviene nel cervello quando riceve la stessa parola.

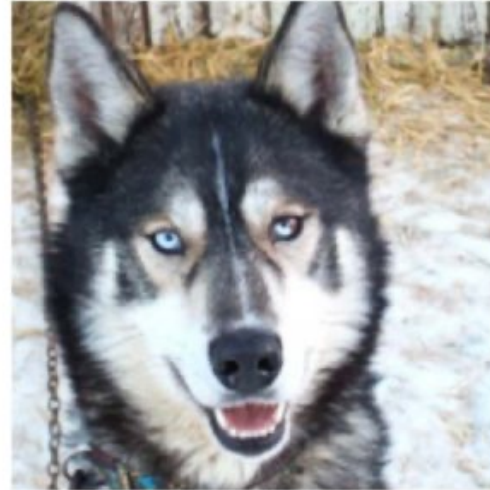


75% delle volte il pattern di attivazione della rete neurale per una specifica parola era più simile a quella del cervello per la stessa parola rispetto al pattern di attivazione cerebrale ottenuto per un'altra parola.

Quindi l'AI non fa esattamente quello che fa il cervello, ma non è neanche del tutto casuale.

Bisogna interpretare i risultati dell'AI!

Molto spesso le applicazioni di AI prendono decisioni sbagliate per motivazioni sbagliate o ancora più grave decisioni giuste per motivazioni sbagliate.

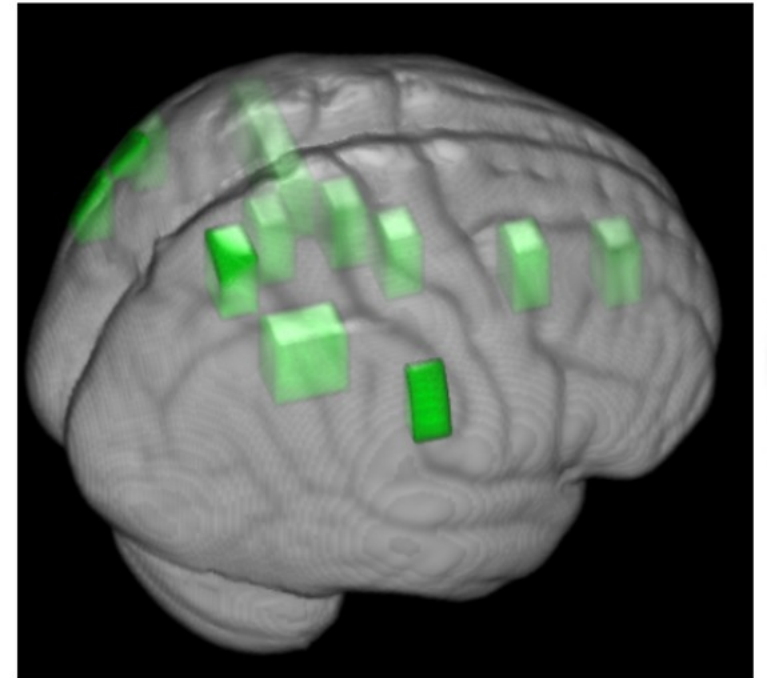


-a husky (on the left) is confused with a wolf, because the pixels (on the right) characterizing wolves are those of the snowy background.

Explainable Artificial Intelligence (XAI): Guardare all'interno della scatola

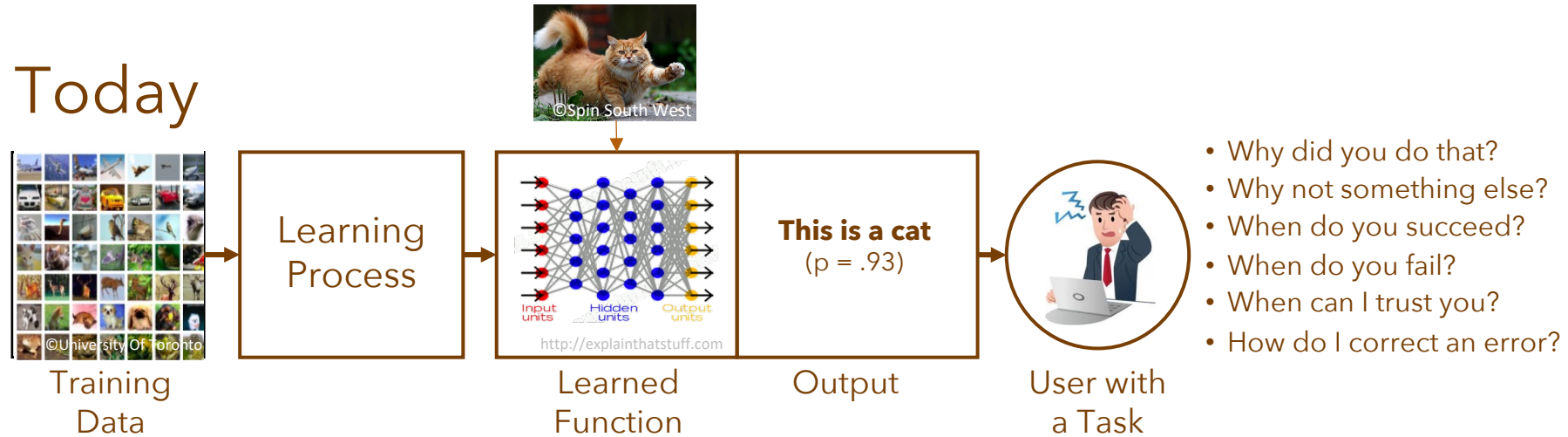
Ci sono delle tecniche statistiche note come metodi di explainability che tentano di spiegare perchè un sistema di intelligenza artificiale ha preso una data decisione.

Queste tecniche rendono gli algoritmi di machine e deep learning più interpretabili

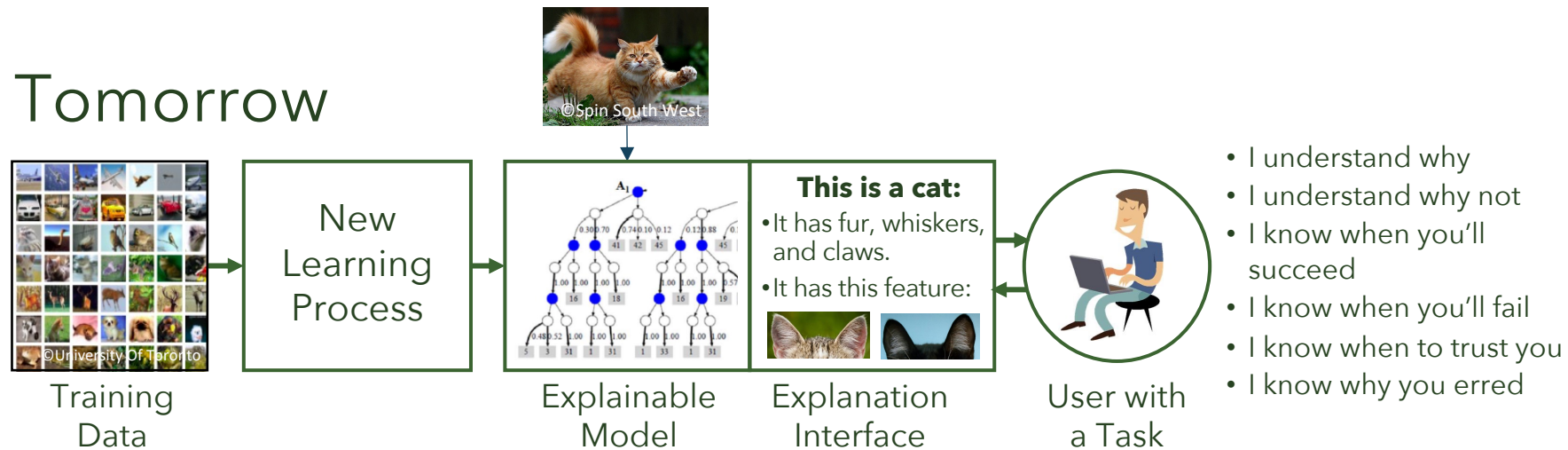


What is the purpose of XAI

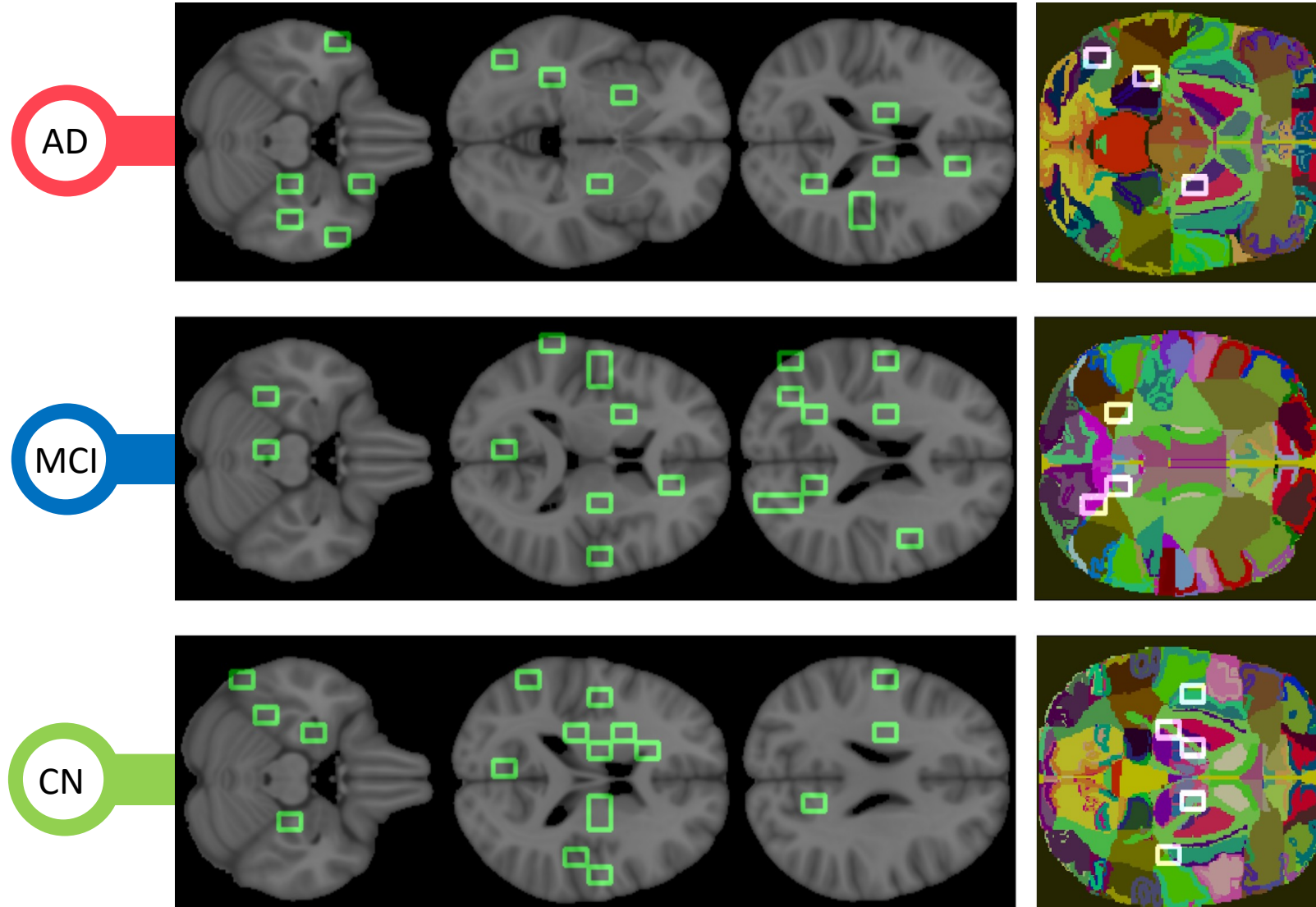
Today



Tomorrow



verso una medicina personalizzata



Applicazioni di ML: Medicina predittiva

- **Gli algoritmi di ML imparano ad interpretare le analisi cliniche;**
- **Se debitamente addestrati riescono ad effettuare diagnosi di tumori o altre malattie rare in modo accurato e tempestivo;**
- **Possono supportare (non sostituire!) il clinico attraverso i così detti Sistemi di Supporto alle Decisioni.**



Machine Learning: Le applicazioni

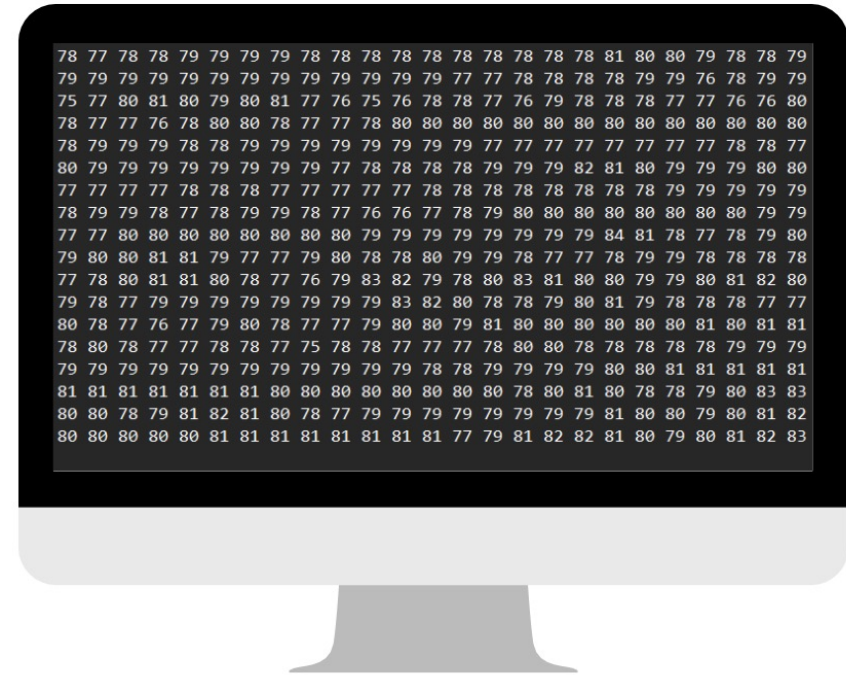
Analisi di immagini

Cosa vede un computer?

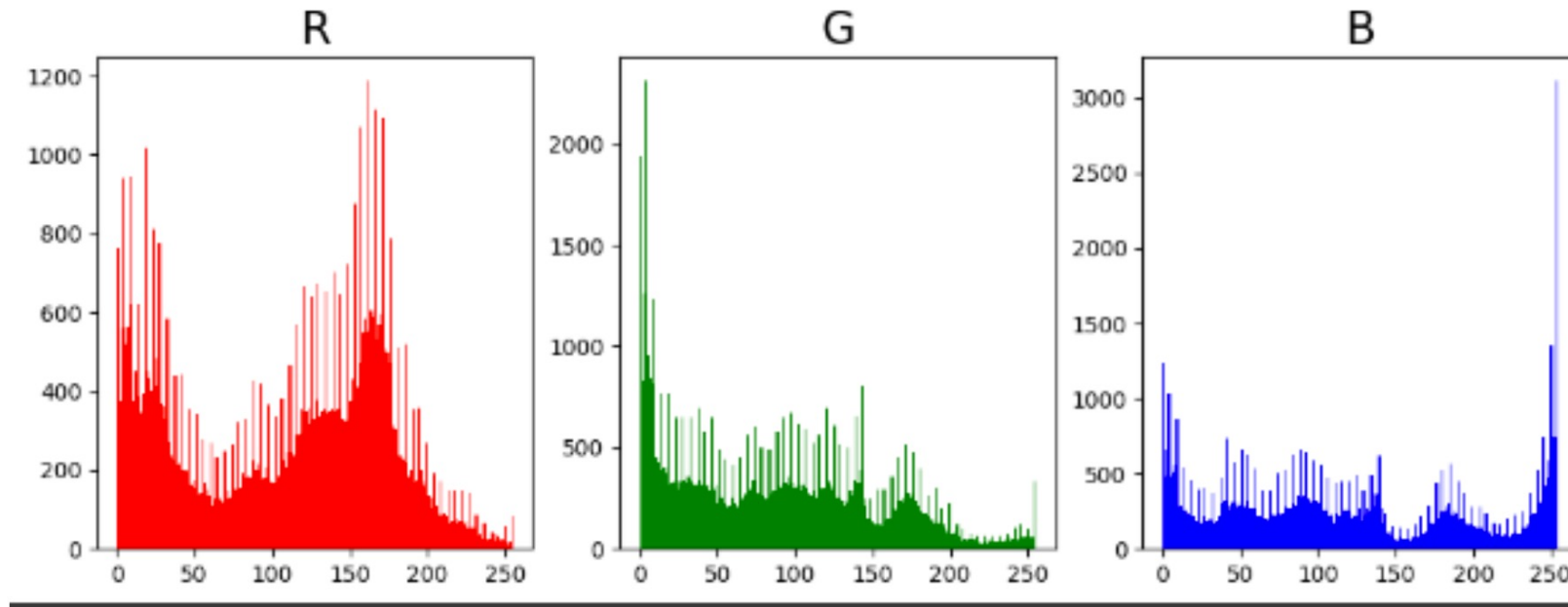
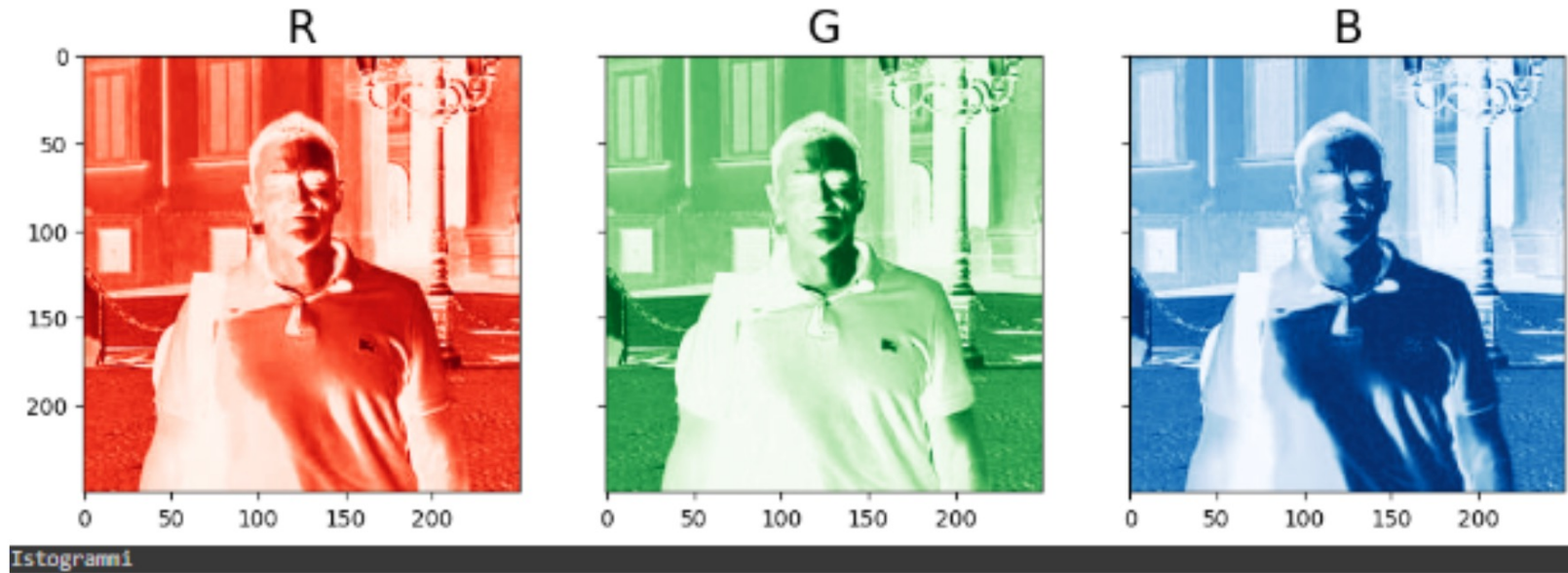


Photo by Valerio Minato

Sourced from: <https://apod.nasa.gov/apod/ap231225.html>



Cosa vede un computer?



Attività: creare modello di ML per il riconoscimento di immagini

<https://playground.raise.mit.edu/create/>




Attività: creare modello di ML per il riconoscimento di immagini

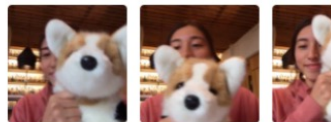


The image shows the Scratch IDE interface. At the top, there is a navigation bar with the following items: "Back to Curriculum", "File", "Modifica", "Teachable Machine" (highlighted with a blue arrow), "Scratch Tutorials", and "My Project". Below the navigation bar, there are three tabs: "Codice", "Costumi", and "Suoni". The left sidebar contains a list of categories: "Movimento", "Aspetto", "Suono", "Situazioni", "Controllo", "Sensori", "Operatori", "Variabili", and "I Miei Blocchi". The "Movimento" category is selected, showing several motion blocks such as "fai 10 passi", "ruota di 15 gradi", "raggiungi posizione a caso", "vai a x: 0 y: 0", "scivola in 1 secondi a posizione a caso", "scivola in 1 secondi a x: 0 y: 0", "punta in direzione 90", "punta verso puntatore del mouse", and "cambia x di 10". The main stage area is empty, and the right sidebar shows the "Sprite" and "Stage" panels. The "Sprite" panel shows "Sprite1" with x and y coordinates set to 0, and a "Mostra" checkbox that is checked. The "Stage" panel shows "Sfondi" set to 1. At the bottom of the interface, there is a "Valigetta" (toolbox) icon.

Nuovo progetto

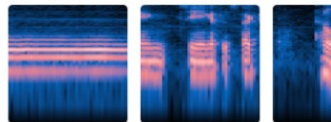
 Apri un progetto esistente da Drive.

 Apri un progetto esistente da un file.



Progetto di immagini

Addestra in base a immagini provenienti da file o dalla tua webcam.



Progetto di audio

Addestra in base a suoni di un secondo provenienti da file o dal microfono.



Progetto di pose

Addestra in base a immagini provenienti da file o dalla tua webcam.



Nuovo progetto di immagini



Modello di immagine standard

Ideale per la maggior parte degli usi

Immagini a colori di 224 x 224 px

Esporta in TensorFlow, TFLite e TF.js

Dimensioni del modello: circa 5 MB

Modello di immagine incorporata

Ideale per microcontroller

Immagini in scala di grigi di 96 x 96 px

Esporta in TFLite for Microcontrollers, TFLite e TF.js

Dimensioni del modello: circa 500 KB

[Verifica quale hardware supporta questi modelli.](#)



The image displays a user interface for a machine learning model training process. It is divided into several sections:

- Class 1**: A card with the title "Class 1" and a pencil icon. Below it, the text "Aggiungi campioni di immagini:" is followed by two buttons: "Webcam" and "Carica".
- Class 2**: A card with the title "Class 2" and a pencil icon. Below it, the text "Aggiungi campioni di immagini:" is followed by a "Webcam" button.
- Addestramento**: A section containing an "Addestra modello" button and a dropdown menu currently set to "Avanzate".
- Anteprima**: A section containing an "Esporta modello" button and a text box that reads: "Devi addestrare un modello a sinistra prima di poterne visualizzare l'anteprima qui."

A large purple arrow points from the "Addestramento" section back to the "Class 1" and "Class 2" cards, indicating a workflow from training to class definition.

Below the main interface, there are three detailed views of class sample galleries:

- Mezzi di trasporto terrestri**: Shows 20 samples of land transport, including icons for a bicycle, motorcycle, and scooter.
- Mezzi di trasporto acquatici**: Shows 20 samples of water transport, including icons for a boat and ship.
- Mezzi di trasporto aerei**: Shows 23 samples of air transport, including an icon for an airplane.

At the bottom, there are three more class galleries:

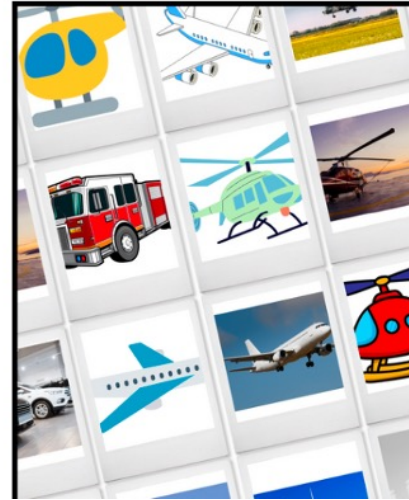
- Carta e cartone**: Shows 28 samples of paper and cardboard, including icons for a roll of paper, cardboard boxes, and a paper cup.
- Plastica**: Shows 31 samples of plastic, including icons for a plastic bottle, a plastic cup, and a plastic fork.
- Vetro**: Shows 16 samples of glass, including icons for a glass bottle, a glass cup, and a glass tumbler.

Attività: creare modello di ML per il riconoscimento di immagini

- La fase di addestramento è lo step più importante per il corretto funzionamento di un algoritmo di machine learning;
- L'algoritmo viene guidato per acquisire una base di conoscenza;
- Ci sono alcune regole da seguire per un training corretto:
 1. Fissare il numero di categorie (classi) da riconoscere;
 2. Passare un numero di esempi più o meno simile per ogni classe;
 3. Assicurarci che gli esempi contengano la variabilità necessaria.



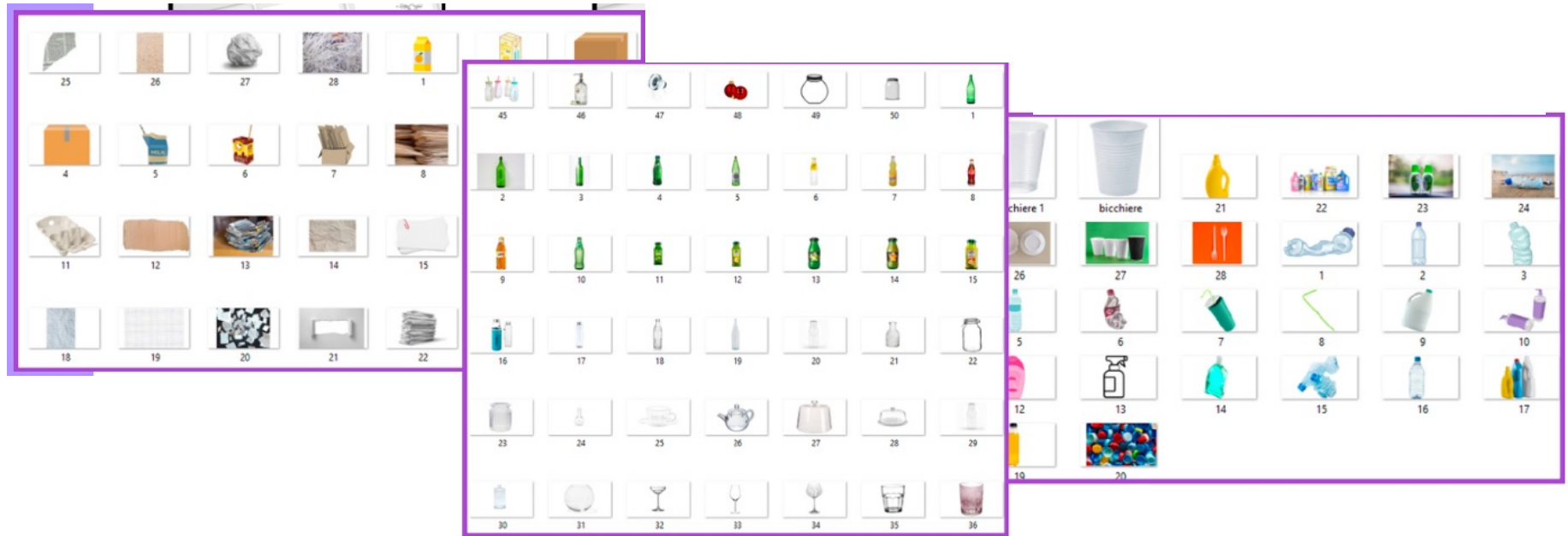
Esempio 1: distinguere i mezzi di trasporto



Obiettivo costruire un classificatore con 3 classi:

1. Mezzi di trasporto terrestri (21 immagini)
2. Mezzi di trasporto aeri (22 immagini)
3. Mezzi di trasporto acquatici (20 immagini)

Esempio 1: distinguere i rifiuti



Obiettivo costruire un classificatore con 3 classi:

1. Carta e cartone (28 immagini)
2. Plastica (31 immagini)
3. Vetro (16 immagini)

Conclusioni

- ❖ L'Intelligenza Artificiale se usata bene è uno strumento che permette di gestire analizzare e interpretare grandi quantità di dati, arrivando a rivelare anche dettagli che l'uomo non può apprezzare
- ❖ Per avere sistemi di Intelligenza Artificiale sempre più affidabili bisogna ricordarsi di non fermarsi alla superficie ma bisogna sempre trovare il modo di investigare cosa sta succedendo all'interno dei sistemi di apprendimento automatico.



Grazie per l'attenzione