

# Introduzione alle Reti Neurali

## PCTO Addestramento di Reti Neurali con Linguaggio Python

Laura Nenzi, Gloria Pietropolli, Gaia Saveri

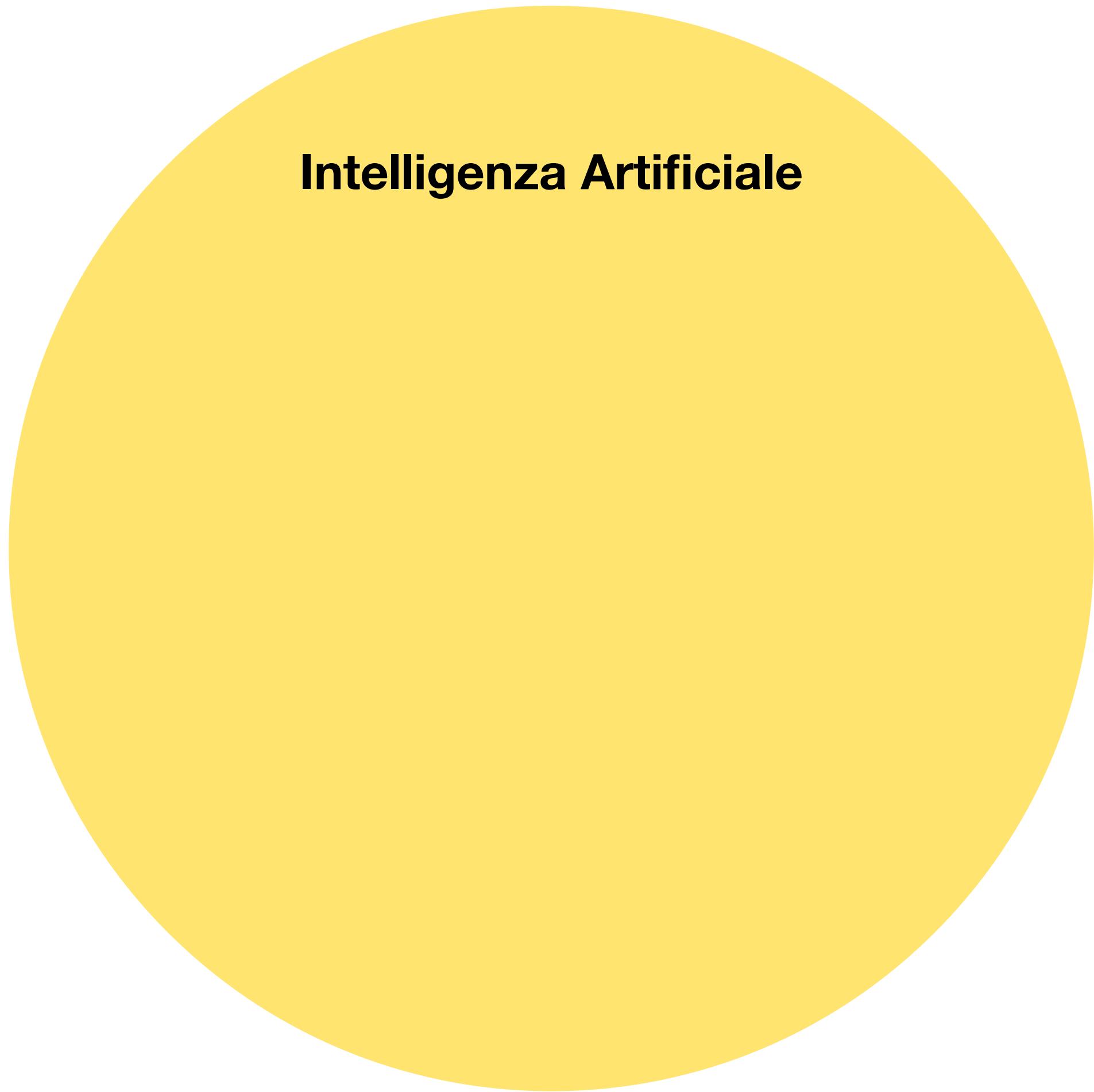


LICEO SCIENTIFICO  
**GALILEO GALILEI**



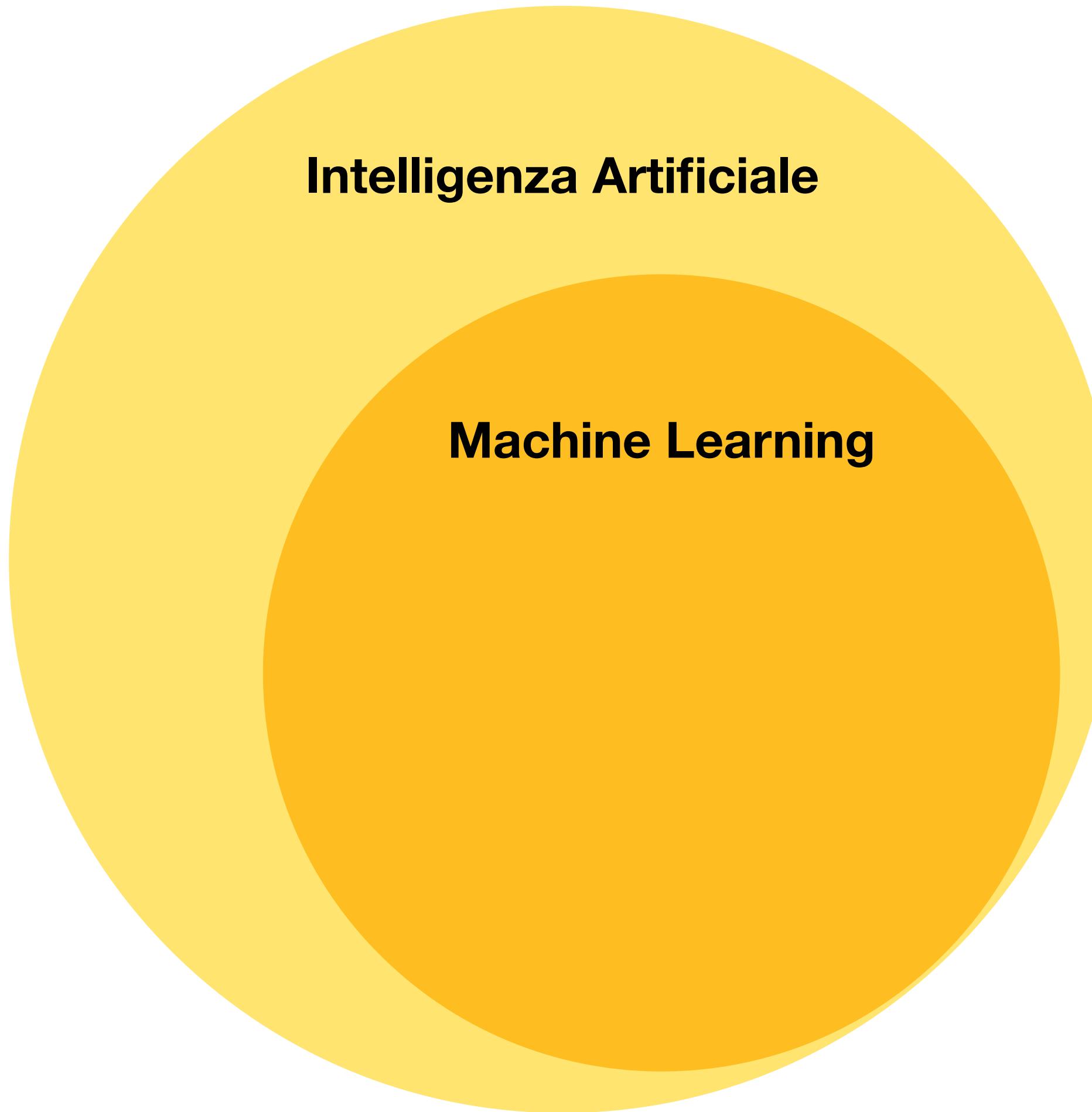
UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI TRIESTE

# Cos'è l'Intelligenza Artificiale?



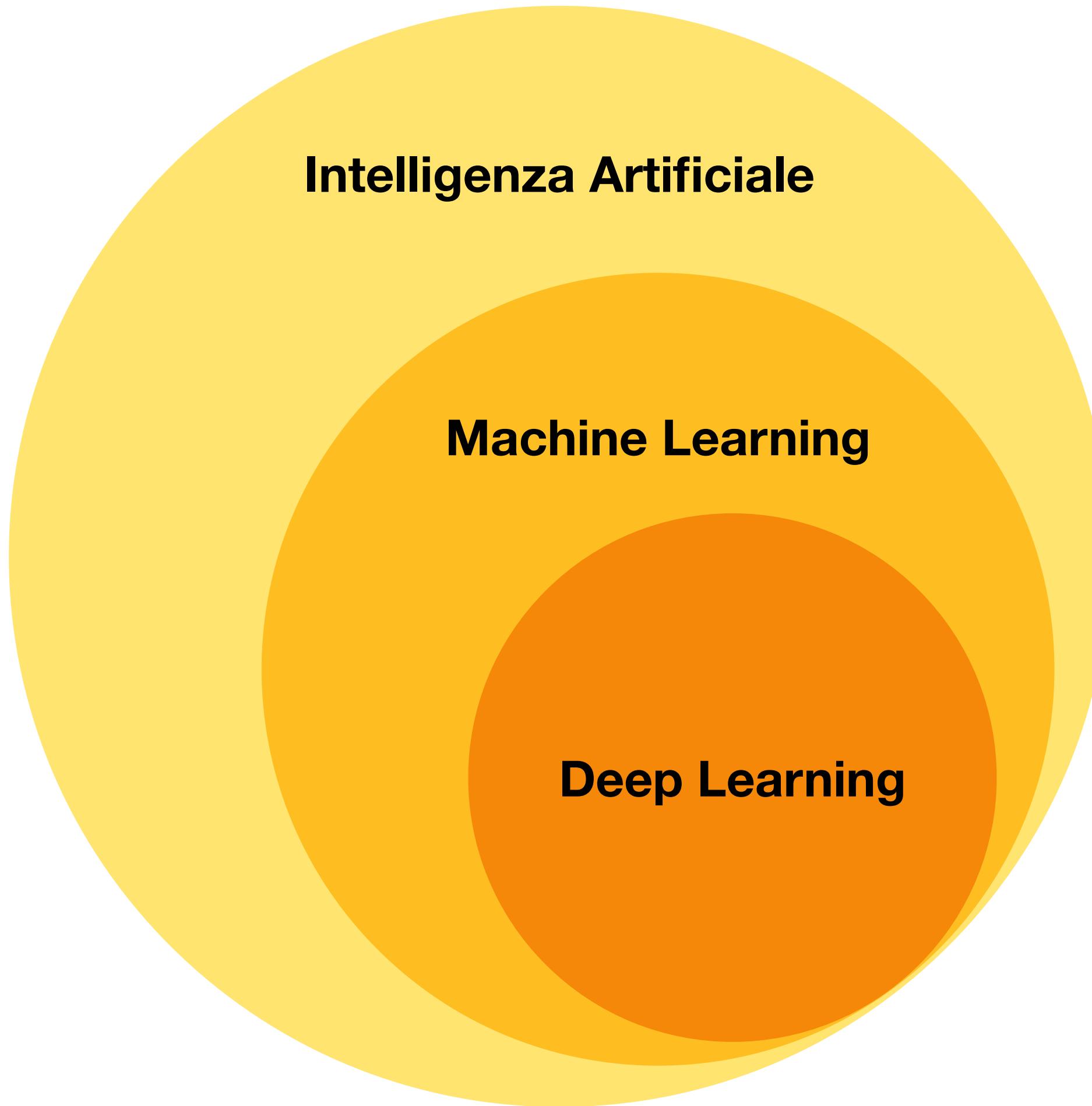
Disciplina scientifica che si occupa di costruire computer e macchine che possono **ragionare**, **imparare** ed **agire** che imitino l'intelligenza umana

# Cos'è l'Intelligenza Artificiale?



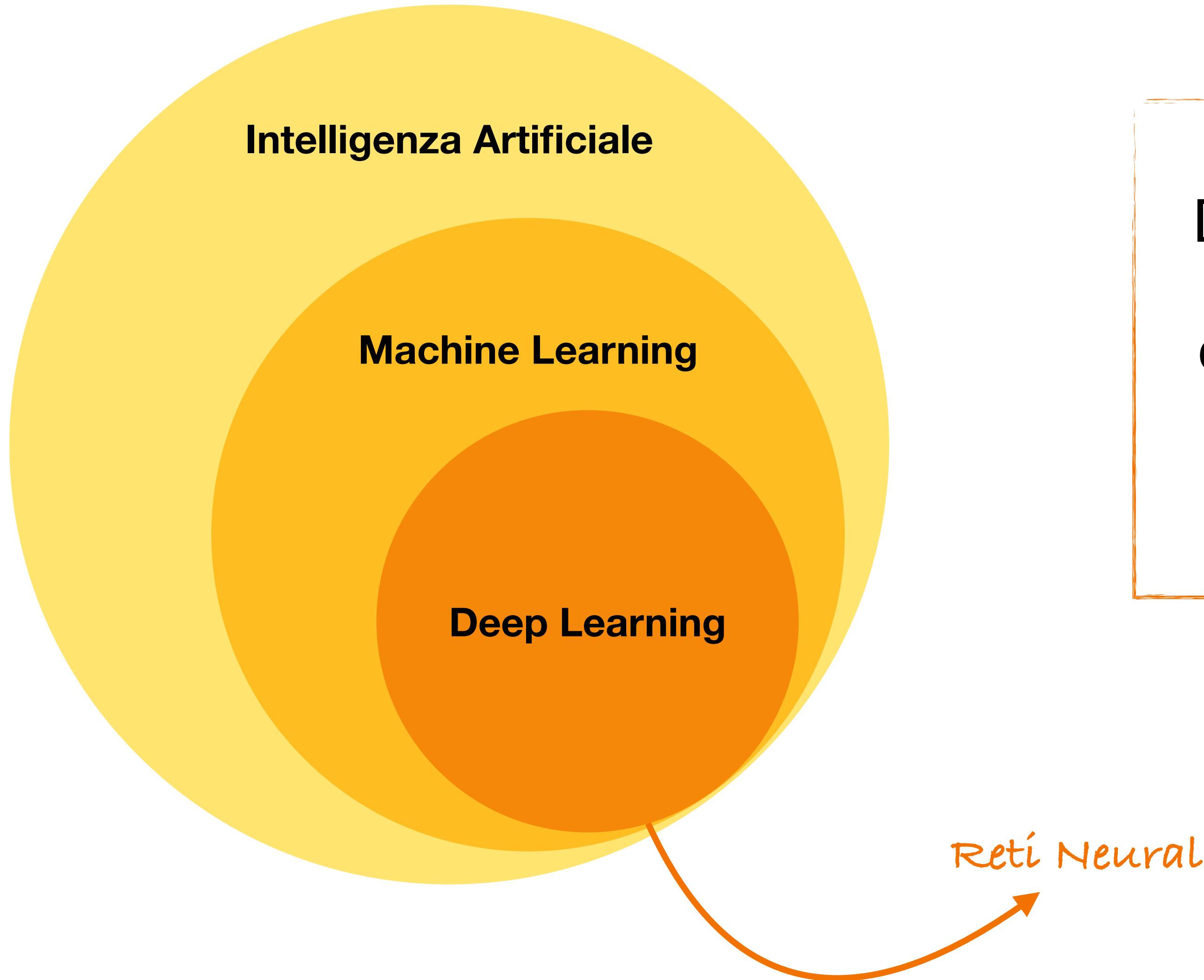
Disciplina scientifica che si occupa di costruire computer e macchine che possono **ragionare, imparare ed agire** che imitino l'intelligenza umana

# Cos'è l'Intelligenza Artificiale?



Disciplina scientifica che si occupa di costruire computer e macchine che possono **ragionare, imparare ed agire** che imitino l'intelligenza umana

# Cos'è l'Intelligenza Artificiale?



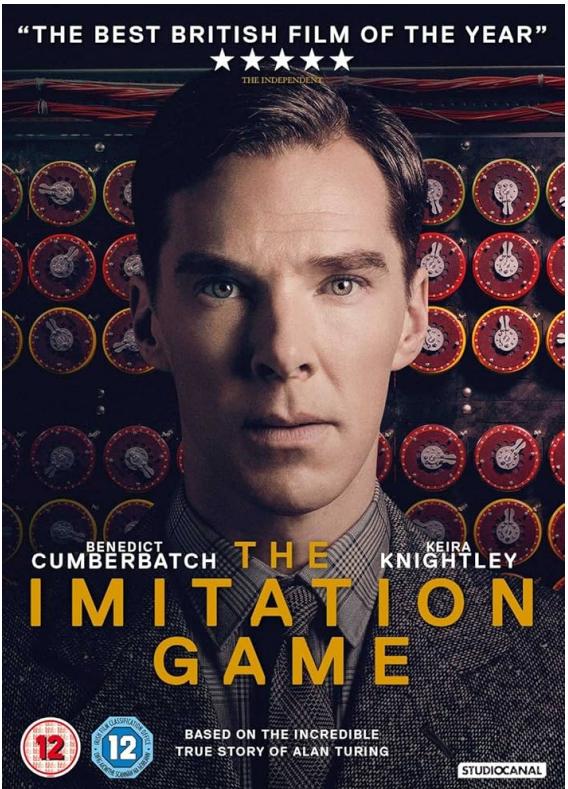
Disciplina scientifica che si occupa di costruire computer e macchine che possono **ragionare**, **imparare** ed **agire** che imitino l'intelligenza umana

# Breve Storia dell'Intelligenza Artificiale



1950

Test di Turing

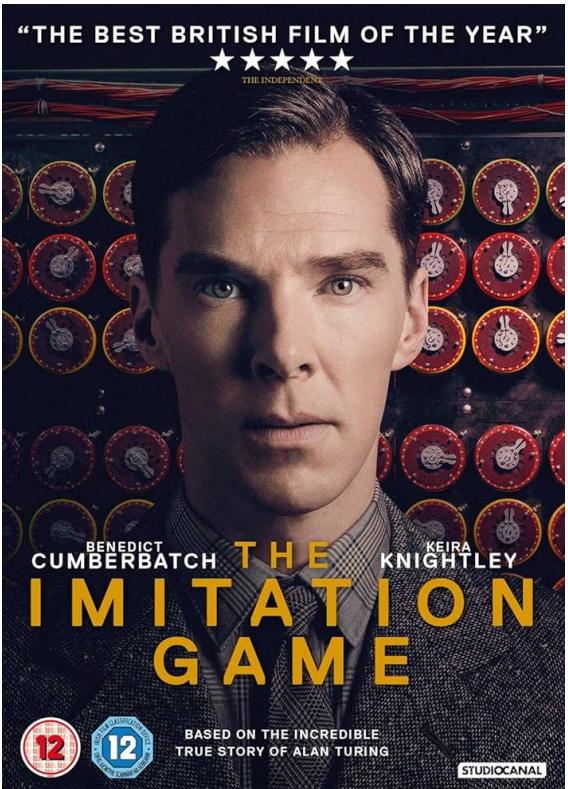


# Breve Storia dell'Intelligenza Artificiale



1950

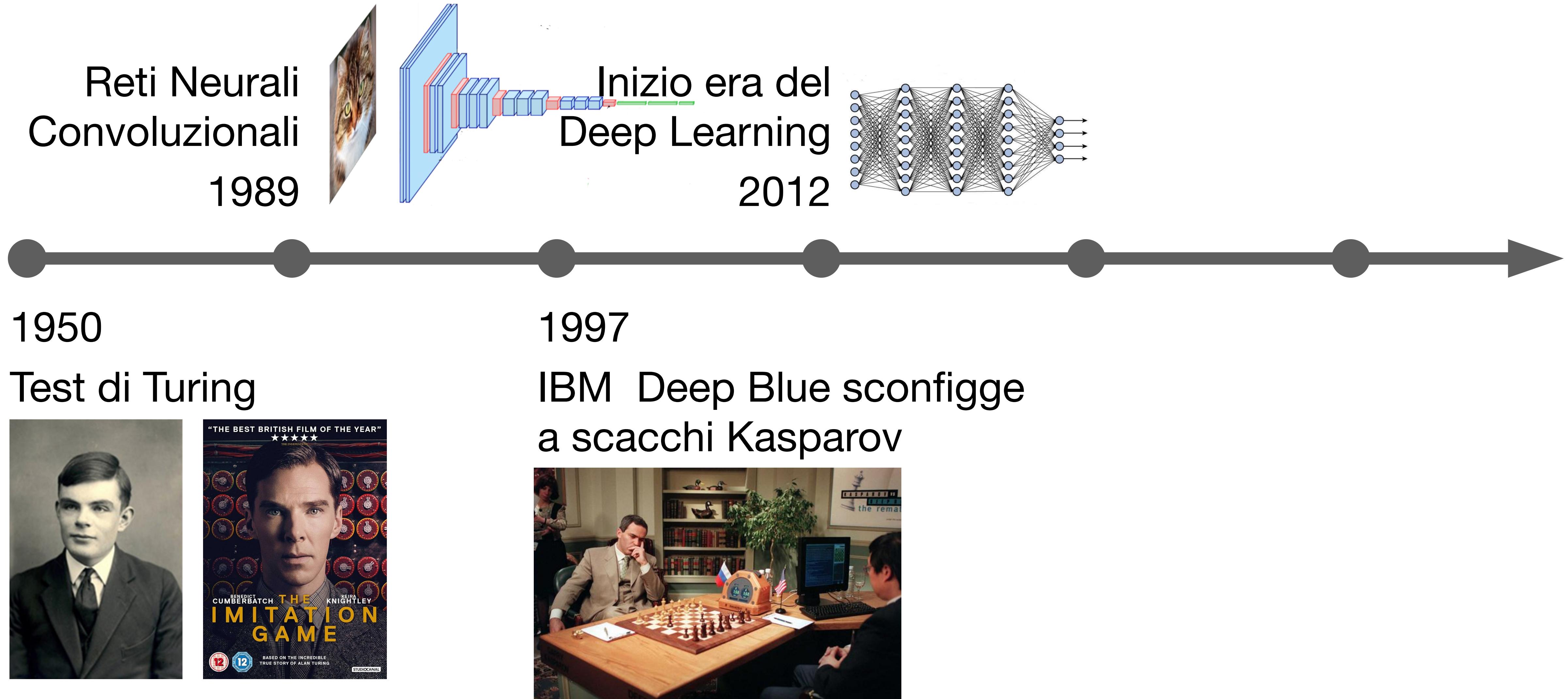
Test di Turing



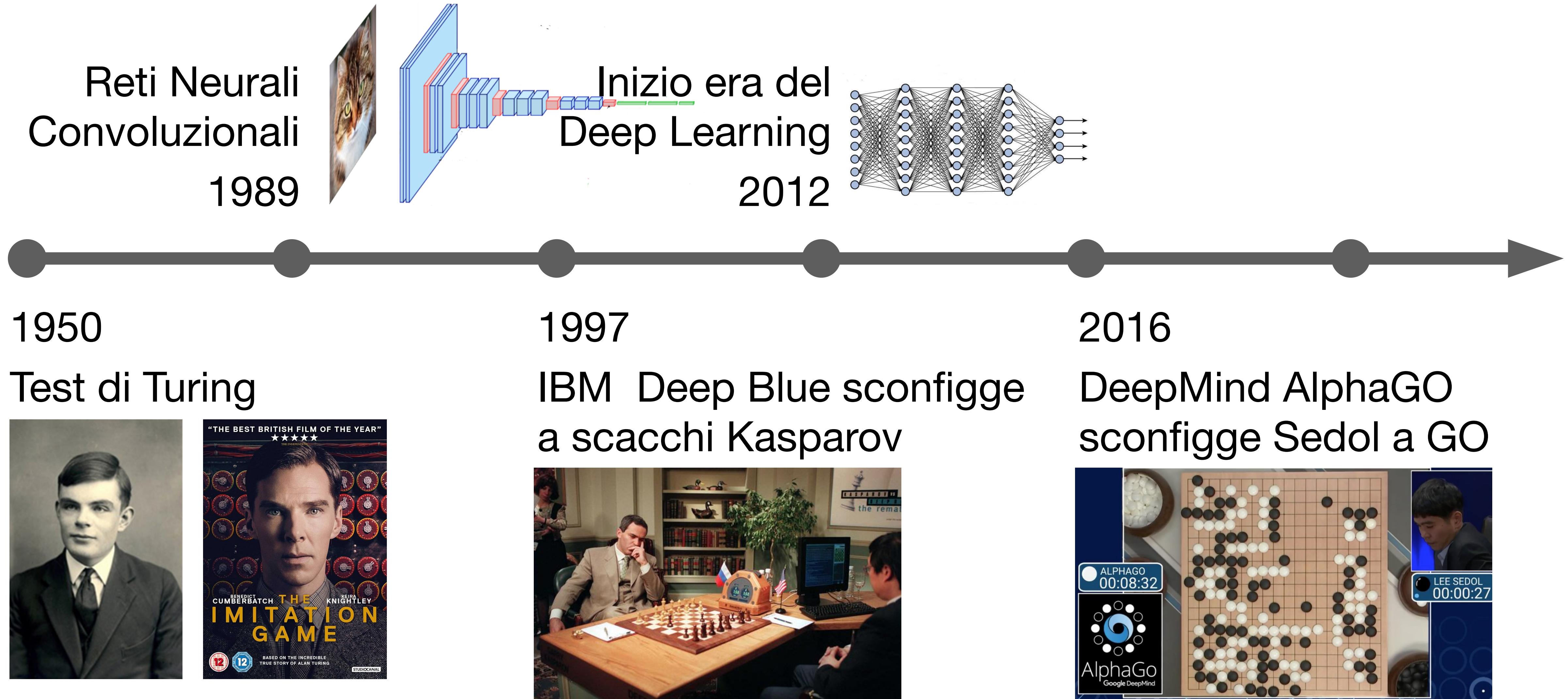
# Breve Storia dell'Intelligenza Artificiale



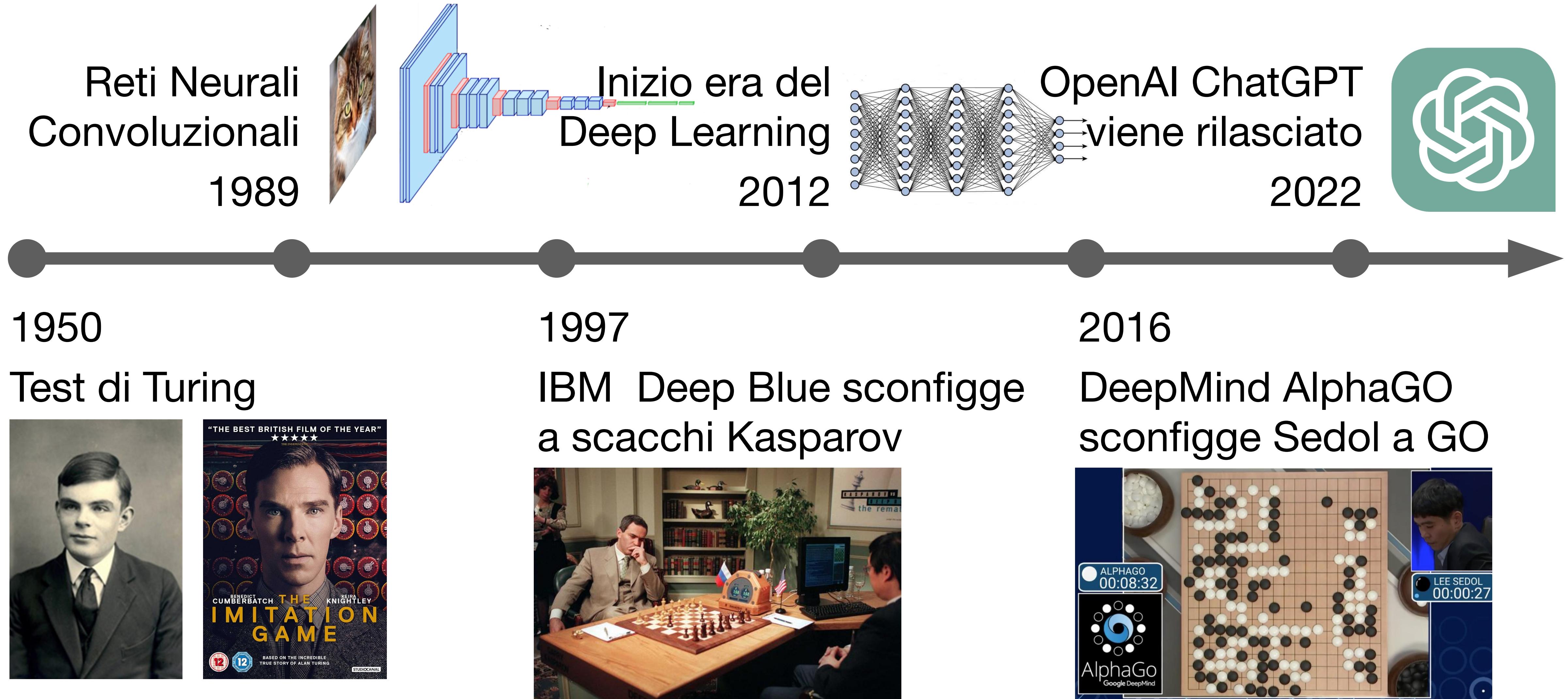
# Breve Storia dell'Intelligenza Artificiale



# Breve Storia dell'Intelligenza Artificiale



# Breve Storia dell'Intelligenza Artificiale



# Breve Storia dell'Intelligenza Artificiale



# Breve Storia dell'Intelligenza Artificiale



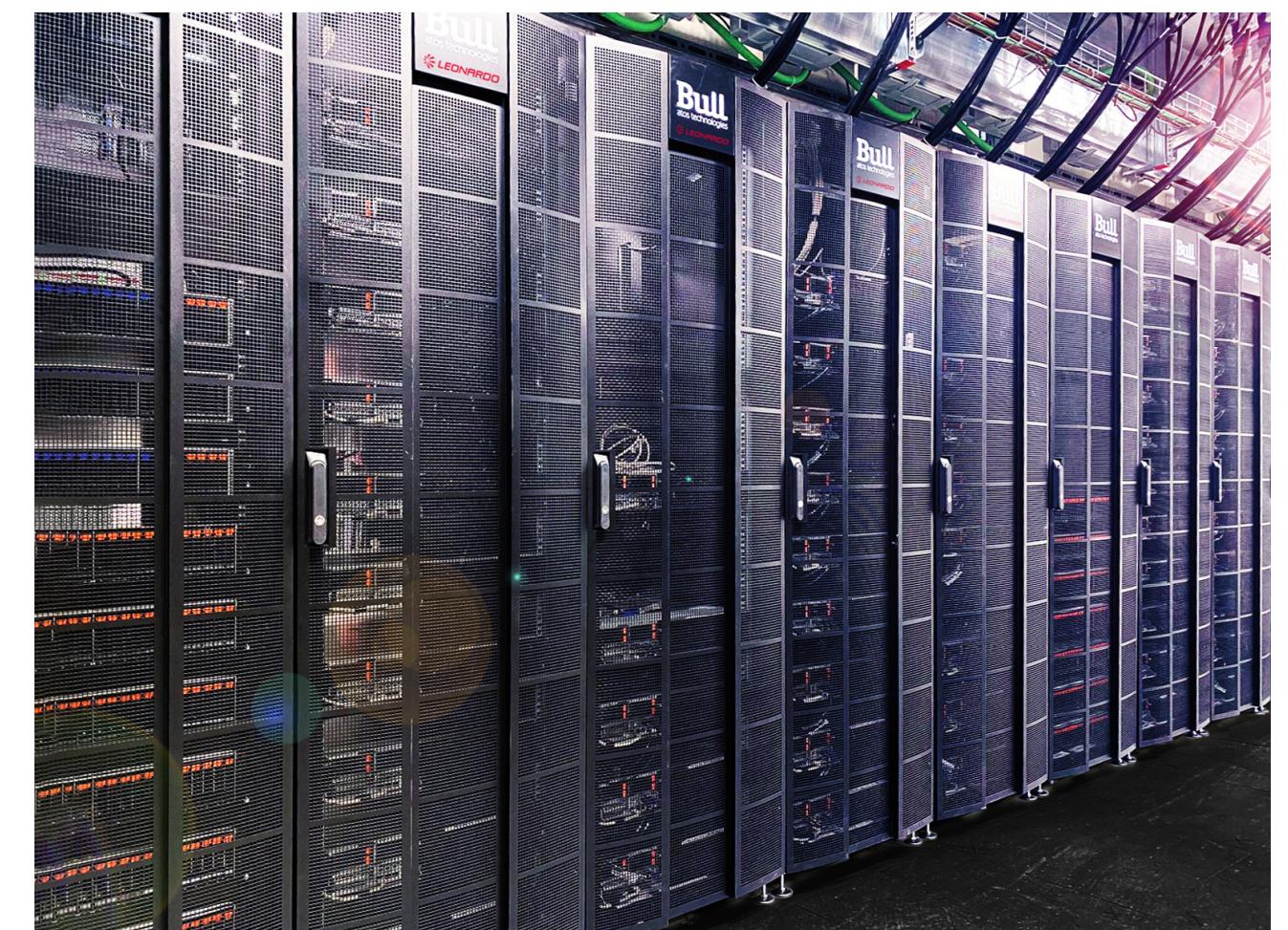
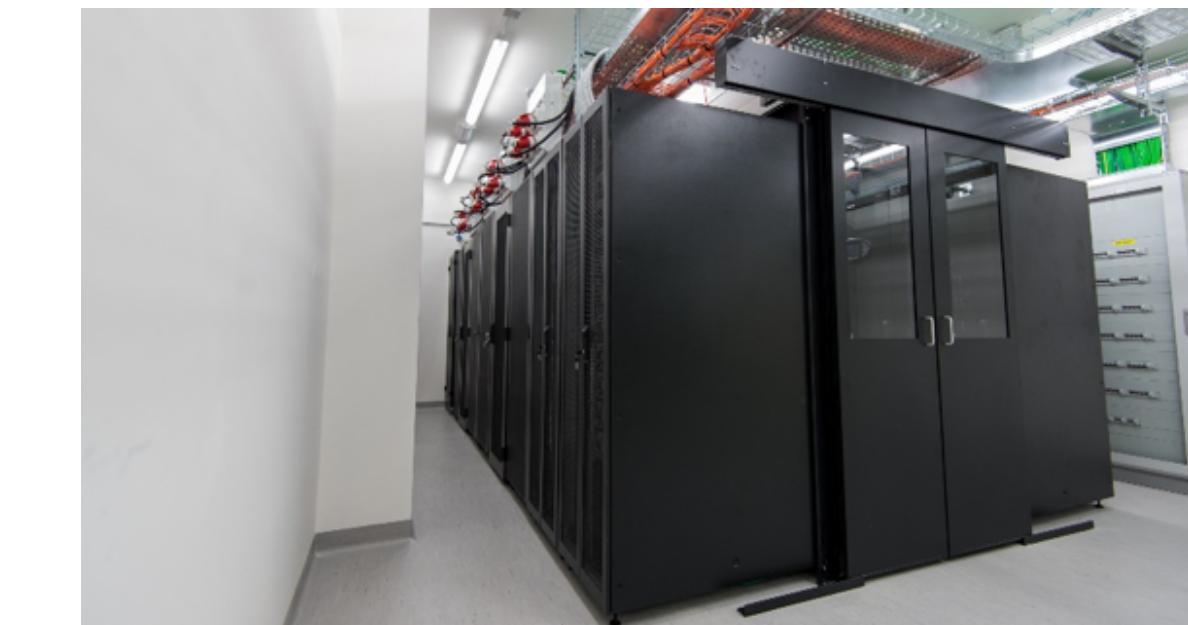
# Breve Storia dell'Intelligenza Artificiale



Big Data

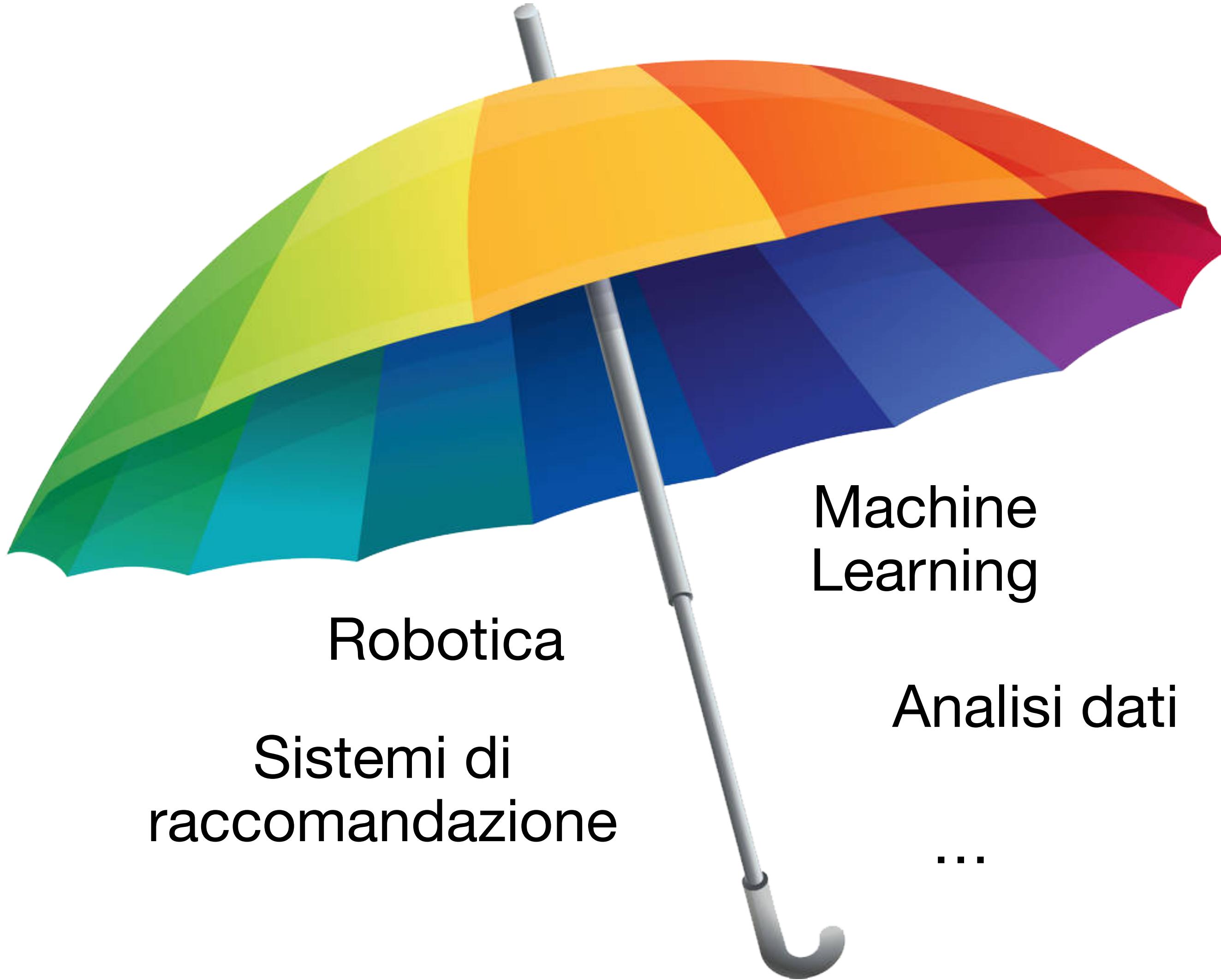


Big Computers



# Intelligenza Artificiale è un termine ombrello

## Per riferirsi a macchine che mimano l'intelligenza umana



Discipline collegate all'IA:

- Matematica
- Informatica
- Neuroscienze
- Economia
- Linguistica
- Filosofia
- ...

# Cos'è il Machine Learning?

Il Machine Learning (apprendimento automatico) è una branca dell’Intelligenza Artificiale il cui scopo è **insegnare ad una macchina** uno specifico compito, **senza che sia esplicitamente programmata, a partire dai dati.**

# Cos'è il Machine Learning?

Il Machine Learning (apprendimento automatico) è una branca dell’Intelligenza Artificiale il cui scopo è **insegnare ad una macchina** uno specifico compito, **senza che sia esplicitamente programmata, a partire dai dati.**

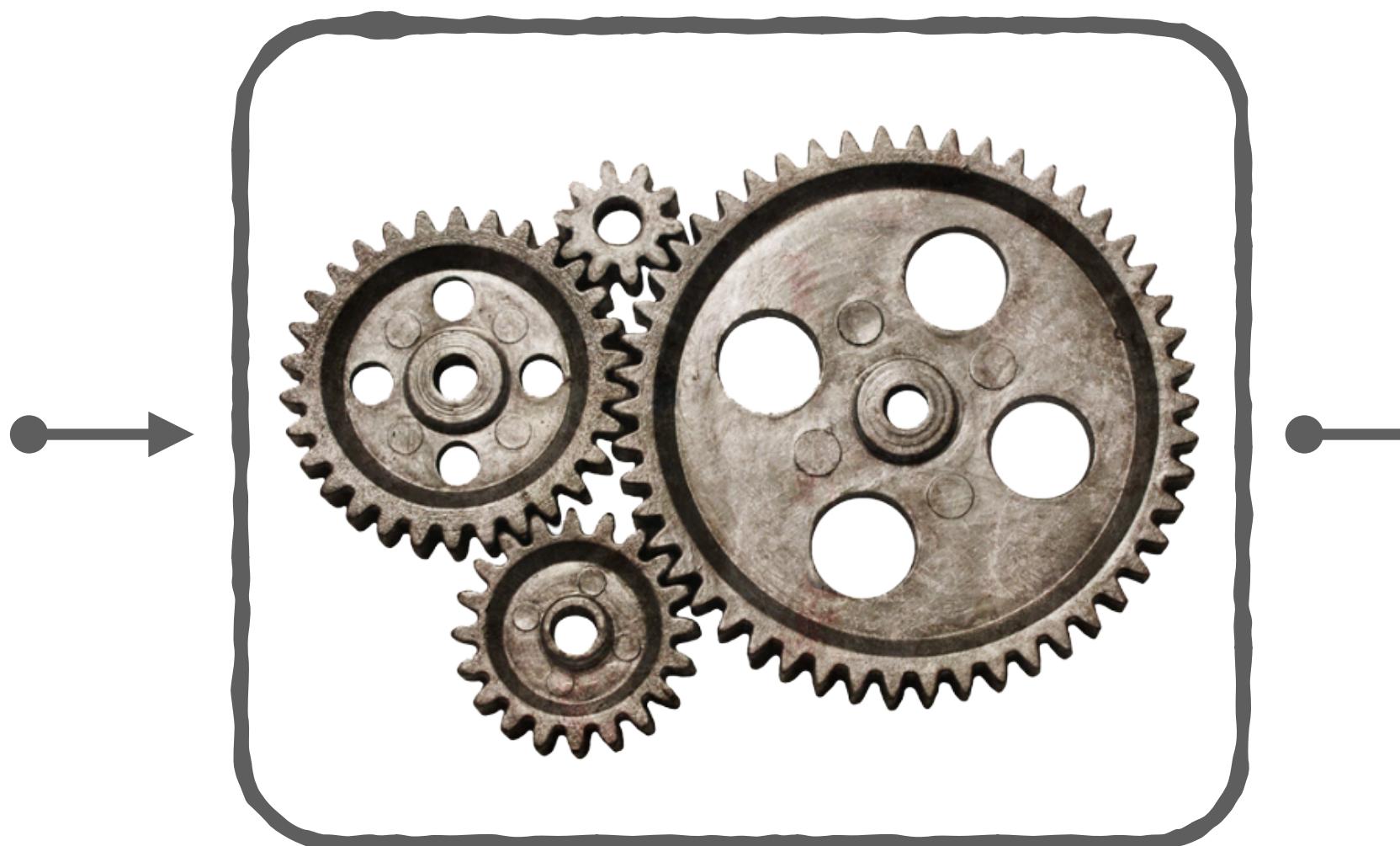
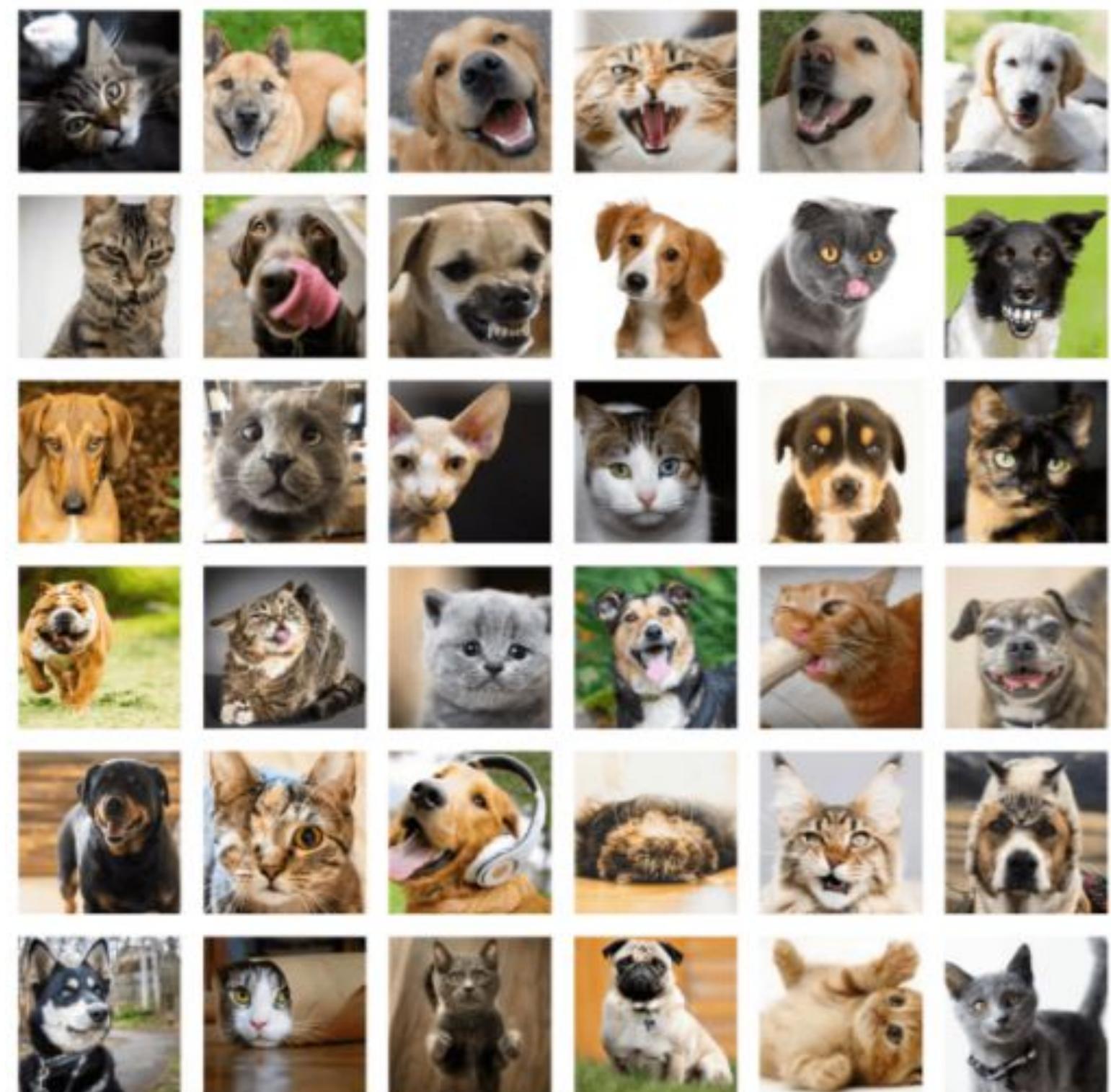
$$2 ? 2 = 4$$

# Cos'è il Machine Learning?

Il Machine Learning (apprendimento automatico) è una branca dell’Intelligenza Artificiale il cui scopo è **insegnare ad una macchina** uno specifico compito, **senza che sia esplicitamente programmata, a partire dai dati.**

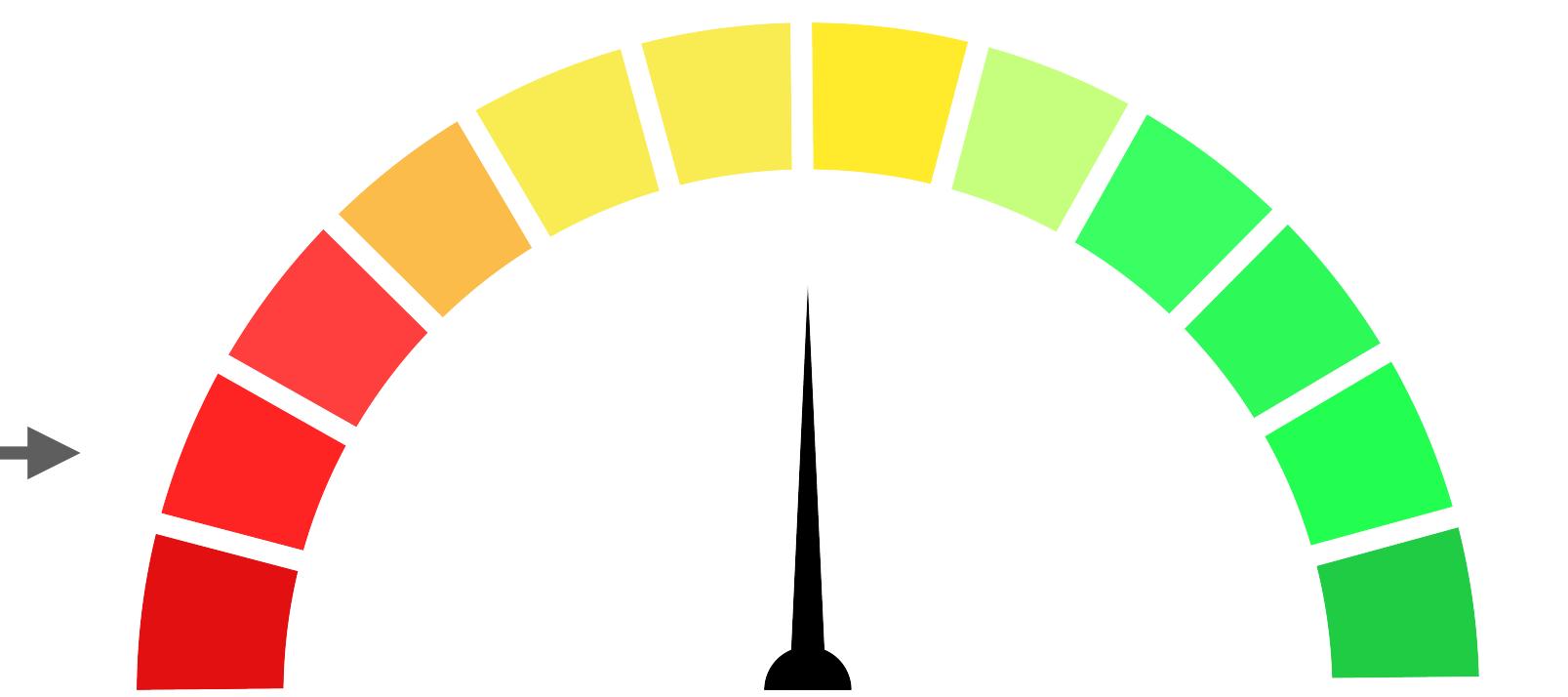
$$\begin{array}{l} 2 ? 2 = 4 \\ 5 ? 5 = 10 \\ 3 ? 6 = 9 \\ 1 ? 3 = 4 \\ 2 ? 6 = 8 \end{array}$$

# Il Machine Learning impara dai dati...



Modello

Dati

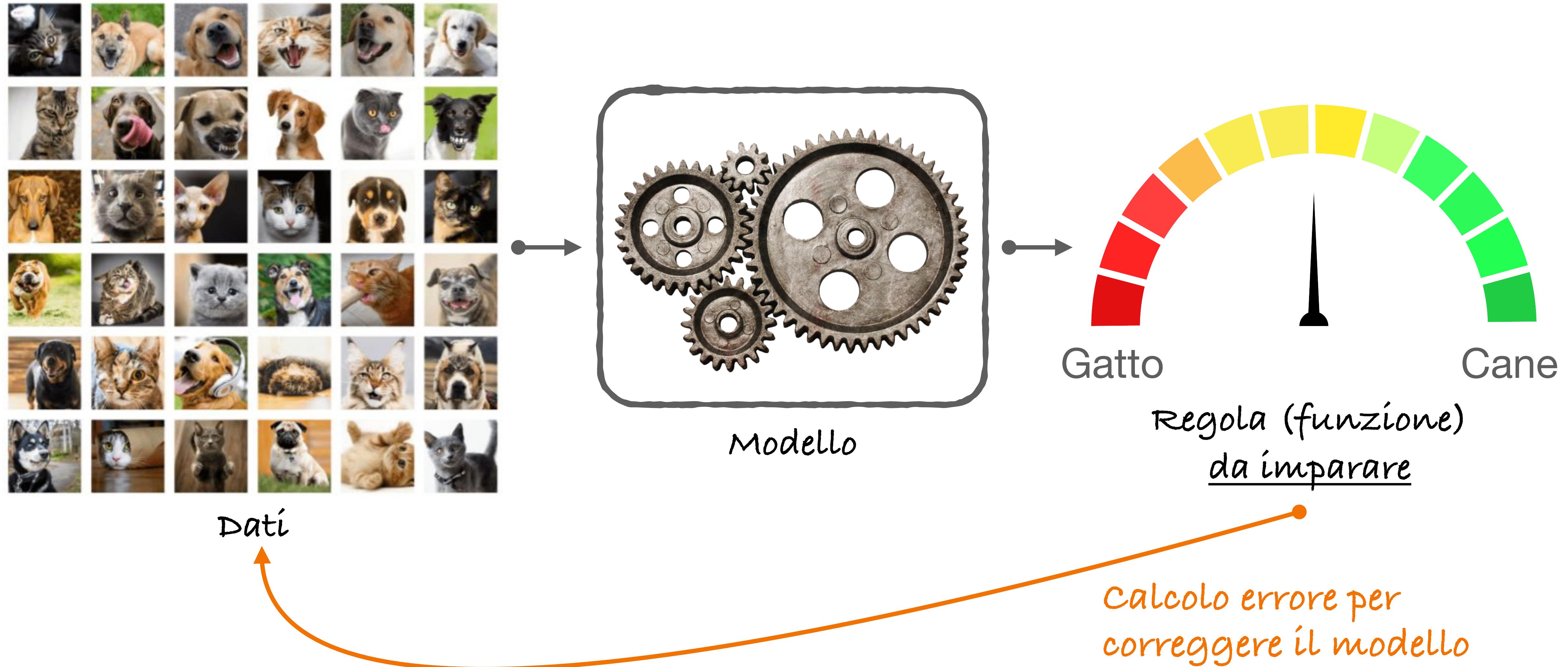


Gatto

Cane

Regola (funzione)  
da imparare

# Il Machine Learning impara dai dati...



# ... per fare previsioni su nuovi dati

il modello deve essere  
in grado di  
generalizzare



Nuovi Dati



**“Gatto”**  
output

Modello Allenato

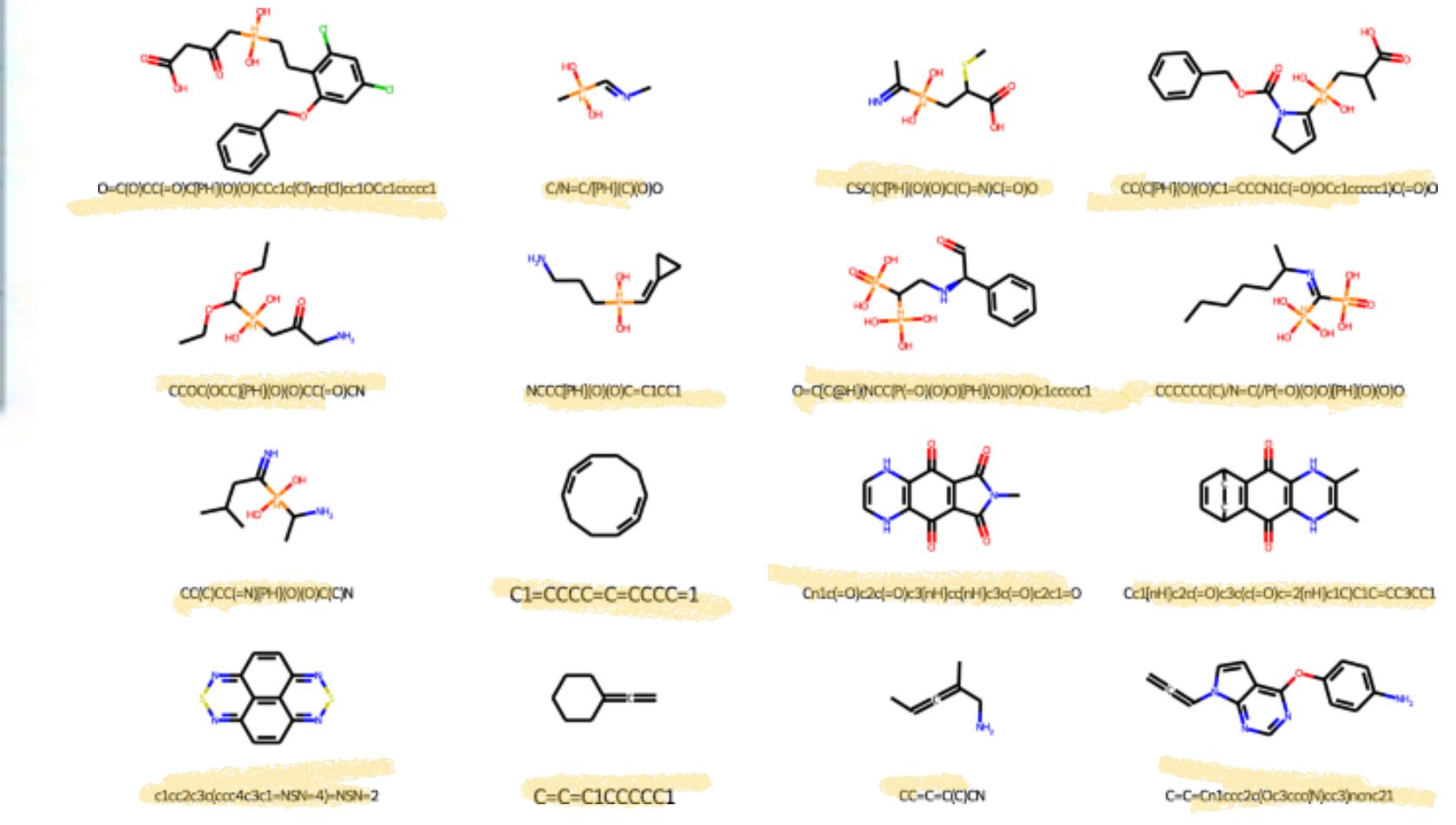
# 3 principali tipi di Machine Learning

## Apprendimento supervisionato

**Dataset composto da dati etichettati, l'obiettivo è predire le etichette**



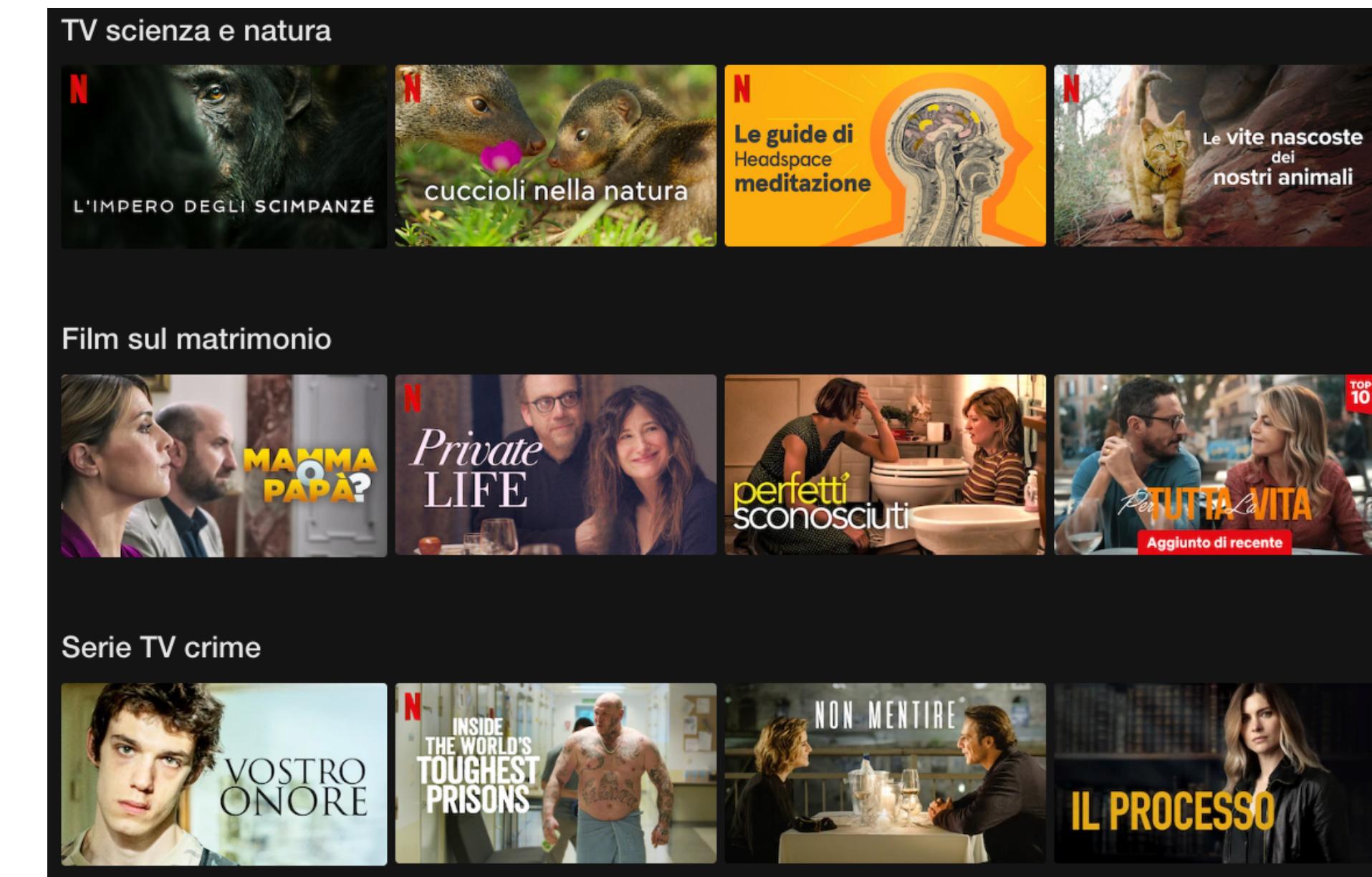
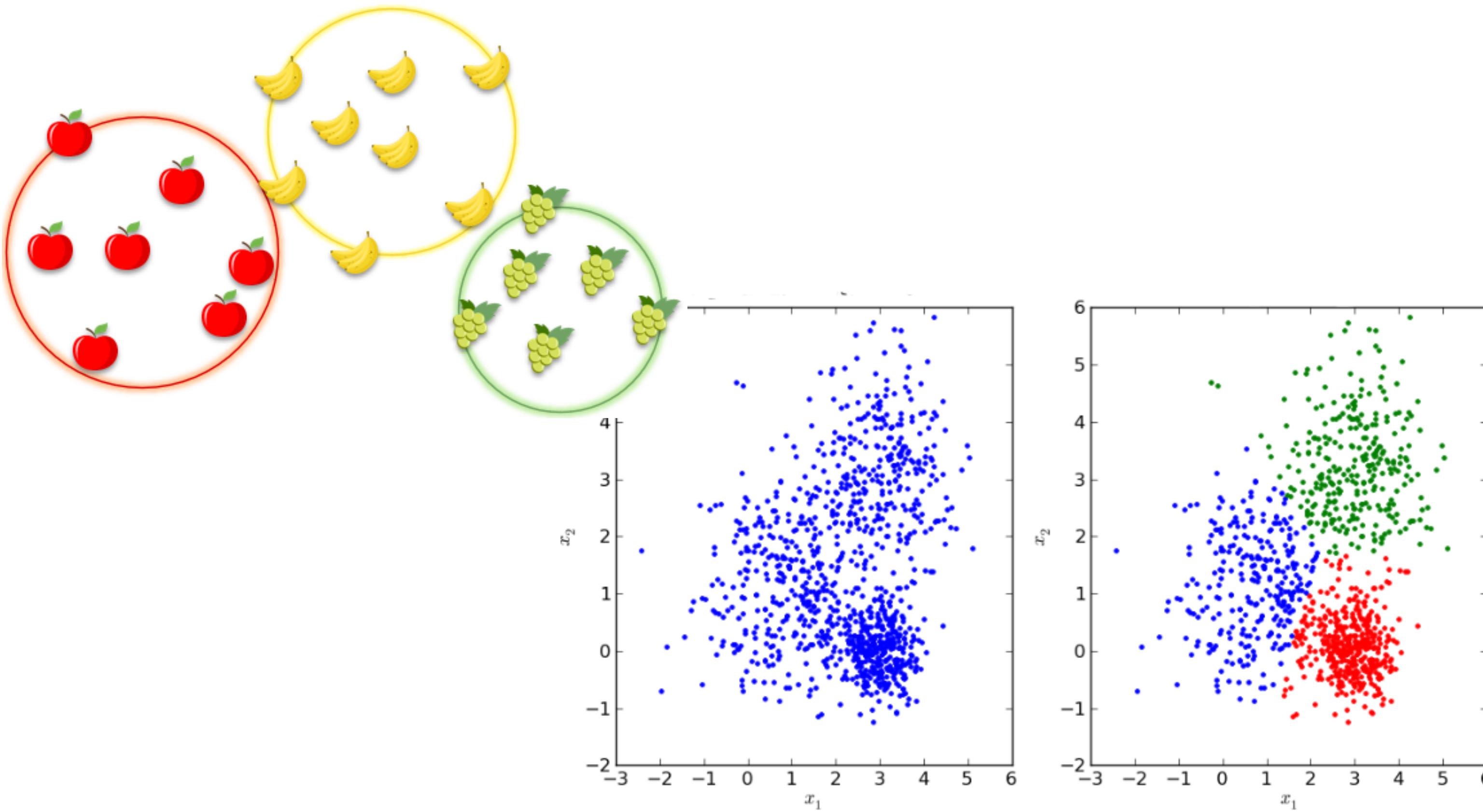
Petalo Lunghezza	Petalo Larghezza	Sepalo Lunghezza	Sepalo Larghezza	Specie
5.1	3.5	1.4	0.2	Iris setosa
4.9	3.0	1.4	0.2	Iris setosa
7.0	3.2	4.7	1.4	Iris versicolor
6.4	3.2	4.5	1.5	Iris versicolor
6.3	3.3	6.0	2.5	Iris virginica
5.8	3.3	6.0	2.5	Iris virginica



# 3 principali tipi di Machine Learning

## Apprendimento non supervisionato

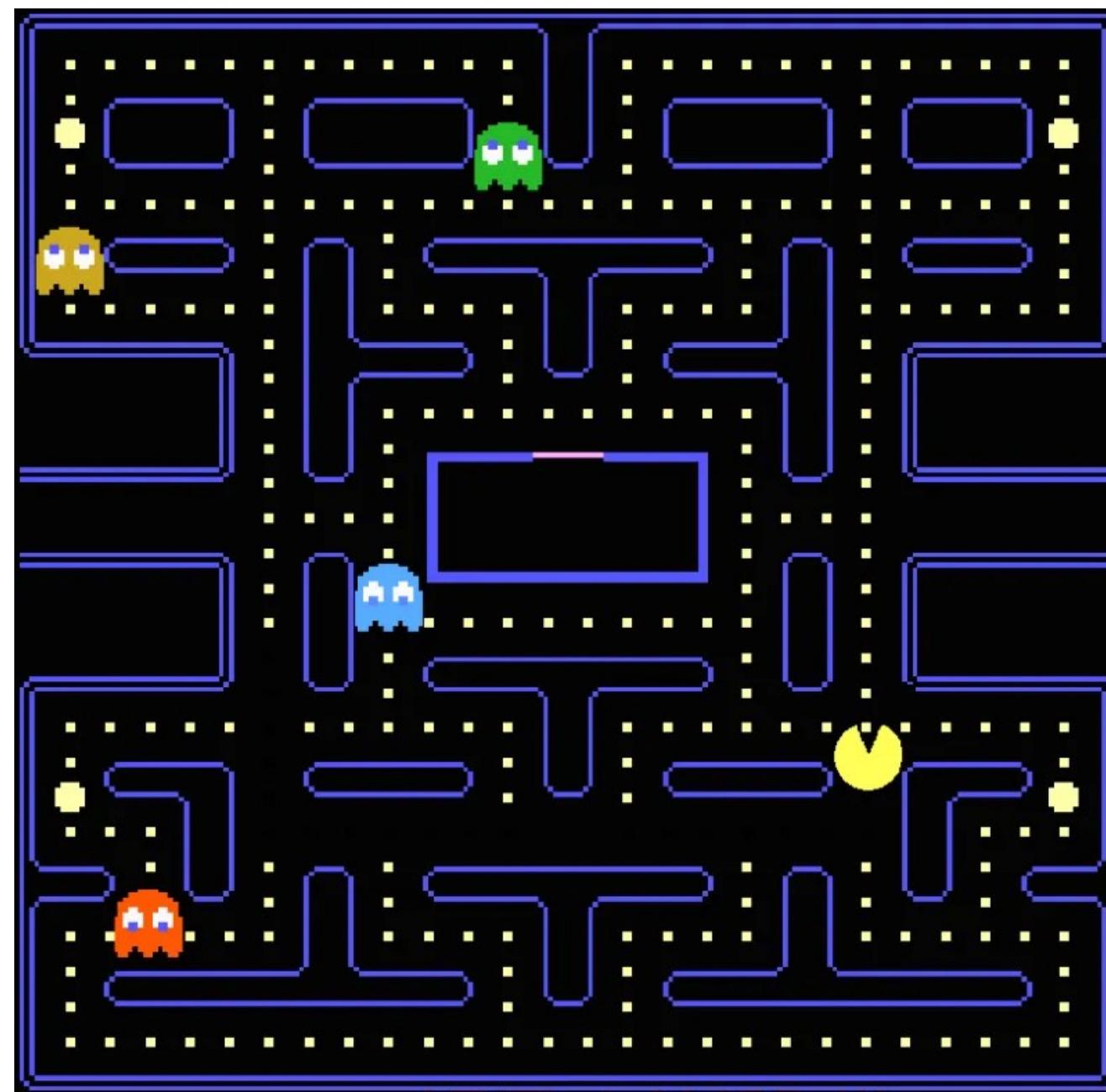
Dataset composto da **dati non etichettati**, l'obiettivo è raggruppare dati simili



# 3 principali tipi di Machine Learning

## Apprendimento per rinforzo

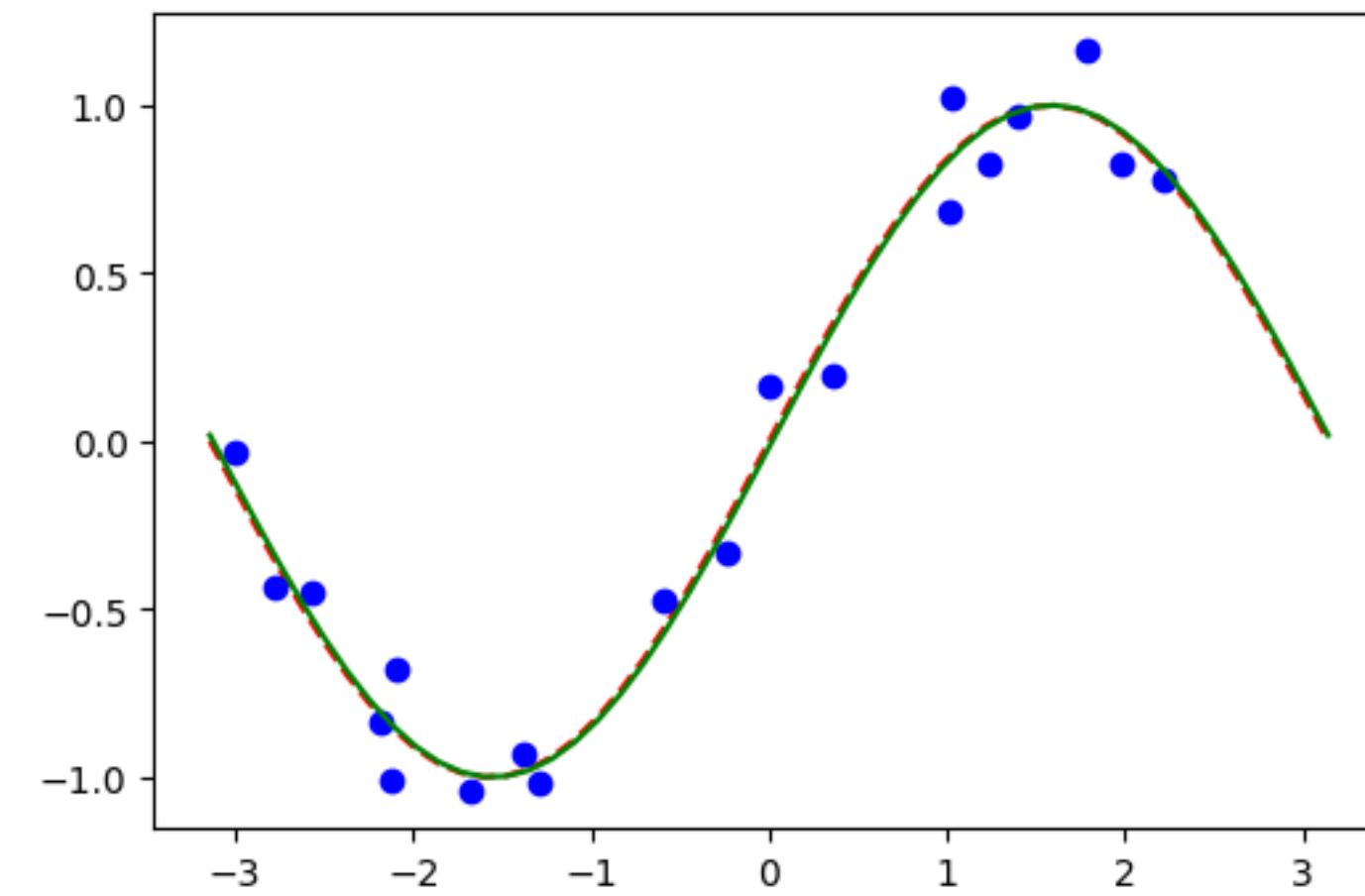
Il modello è un agente che si muove in un ambiente e compie delle azioni, in base alla bontà delle azioni riceve una ricompensa positiva o negativa.



# Regressione vs Classificazione nel machine learning supervisionato

## Regressione

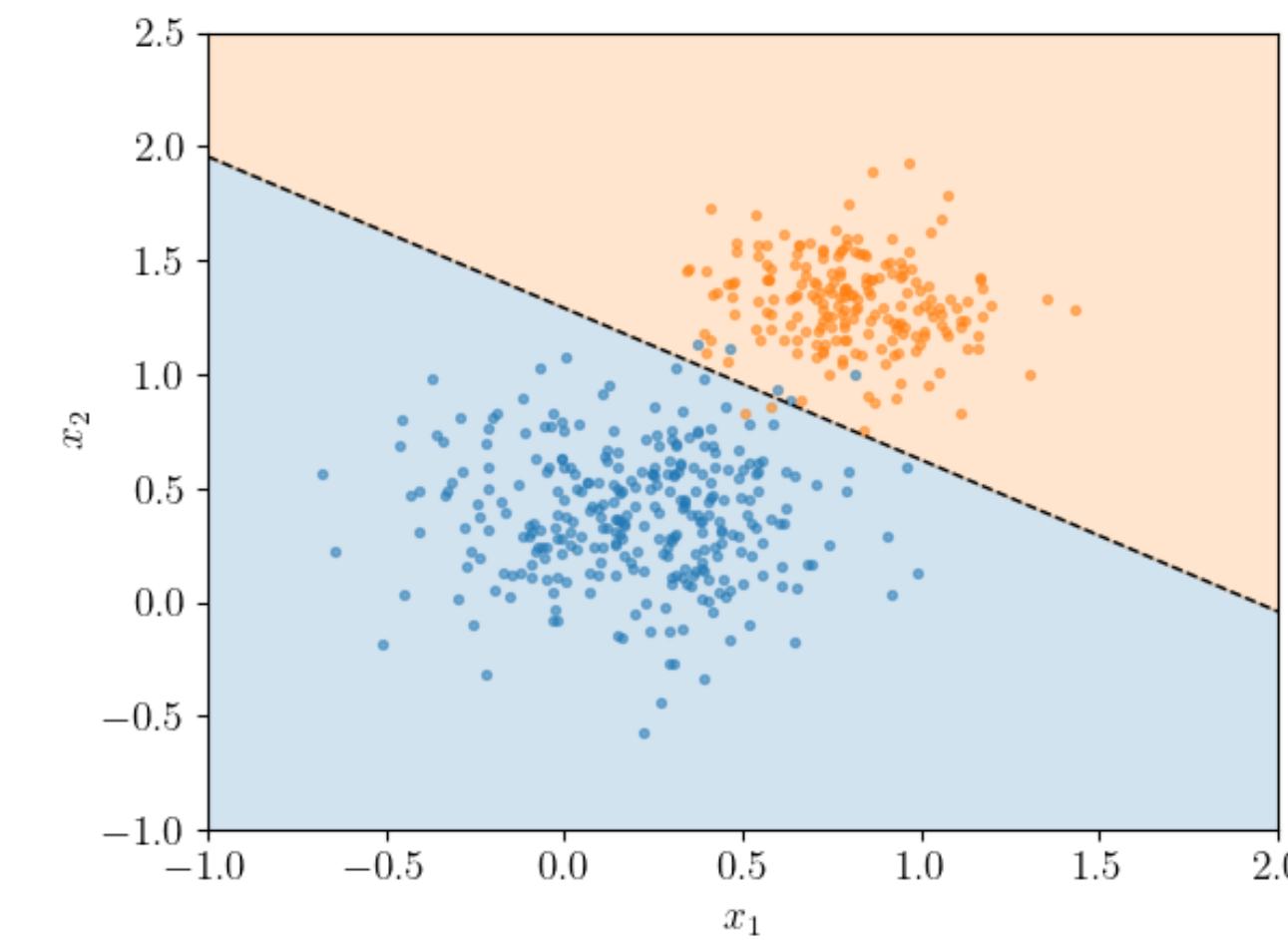
L'etichetta è una variabile **quantitativa/numerica** (continua)



I regressori stimano la relazione tra dati ed etichetta

## Classificazione

L'etichetta è una variabile **qualitativa/categorica** (discreta)



I classificatori separano i dati

# MNIST Dataset

Immagini che rappresentano cifre scritte a mano



Apprendimento supervisionato:

(  , 5 )

(  , 3 )

# MNIST Dataset

Immagini che rappresentano cifre scritte a mano



Apprendimento supervisionato:



Che tipo di ML è:

- Regressione
- Classificazione

# MNIST Dataset

Immagini che rappresentano cifre scritte a mano



Apprendimento supervisionato:



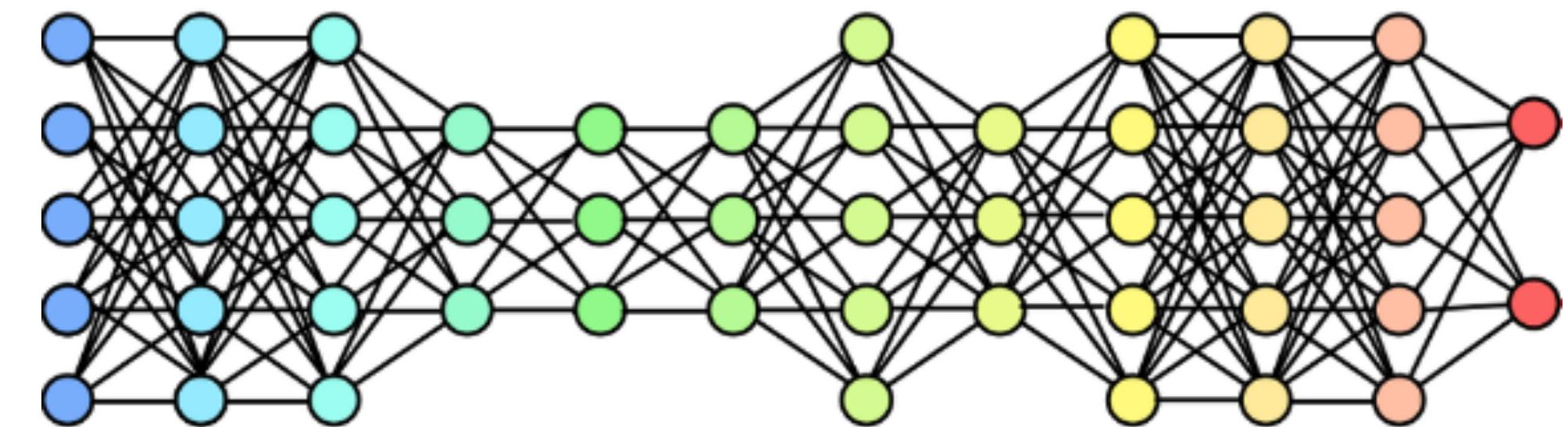
Che tipo di ML è:

- Regressione
- Classificazione

Suggerimento: le cifre possibili sono 10 (numeri interi da 0 a 9)

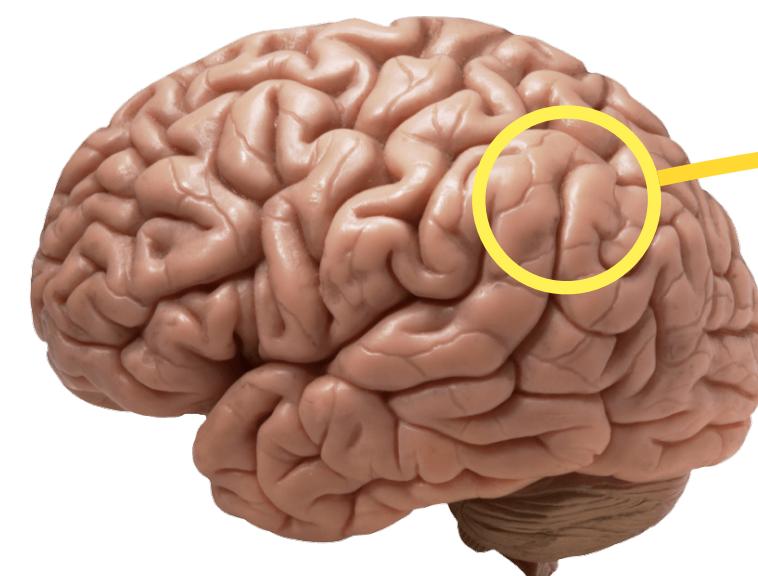
# Cos'è il Deep Learning?

Il Deep Learning (apprendimento profondo) è un approccio al Machine Learning che **si ispira al funzionamento del cervello umano.**



Rete Neurale Artificiale

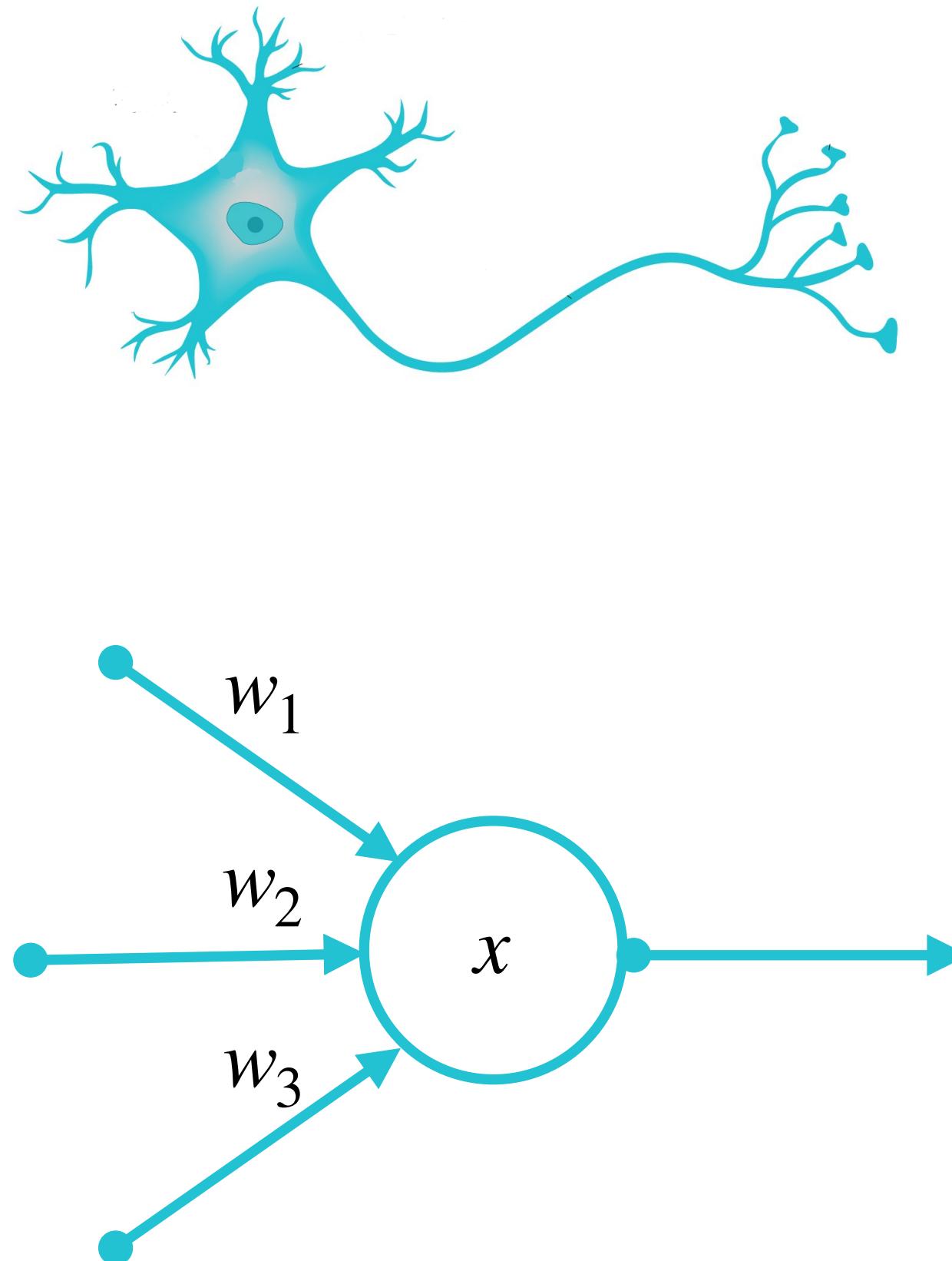
Le Reti Neurali Artificiali sono il modello computazionale su cui si basa il deep learning



Organizzazione dei neuroni nel cervello

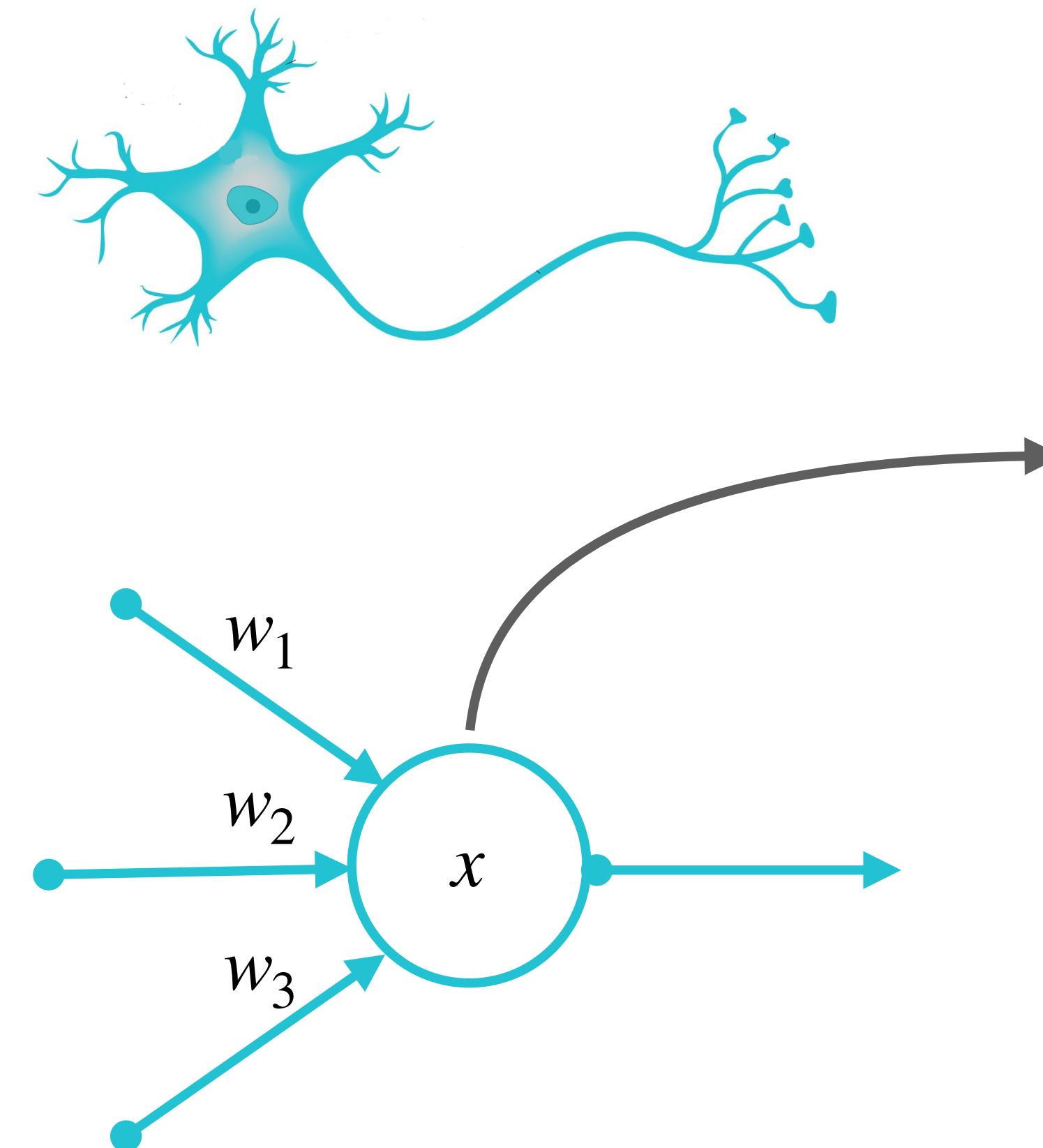
# Neuroni Artificiali

Ovvero le strutture più semplici che compongono una Rete Neurale



# Neuroni Artificiali

Ovvero le strutture più semplici che compongono una Rete Neurale

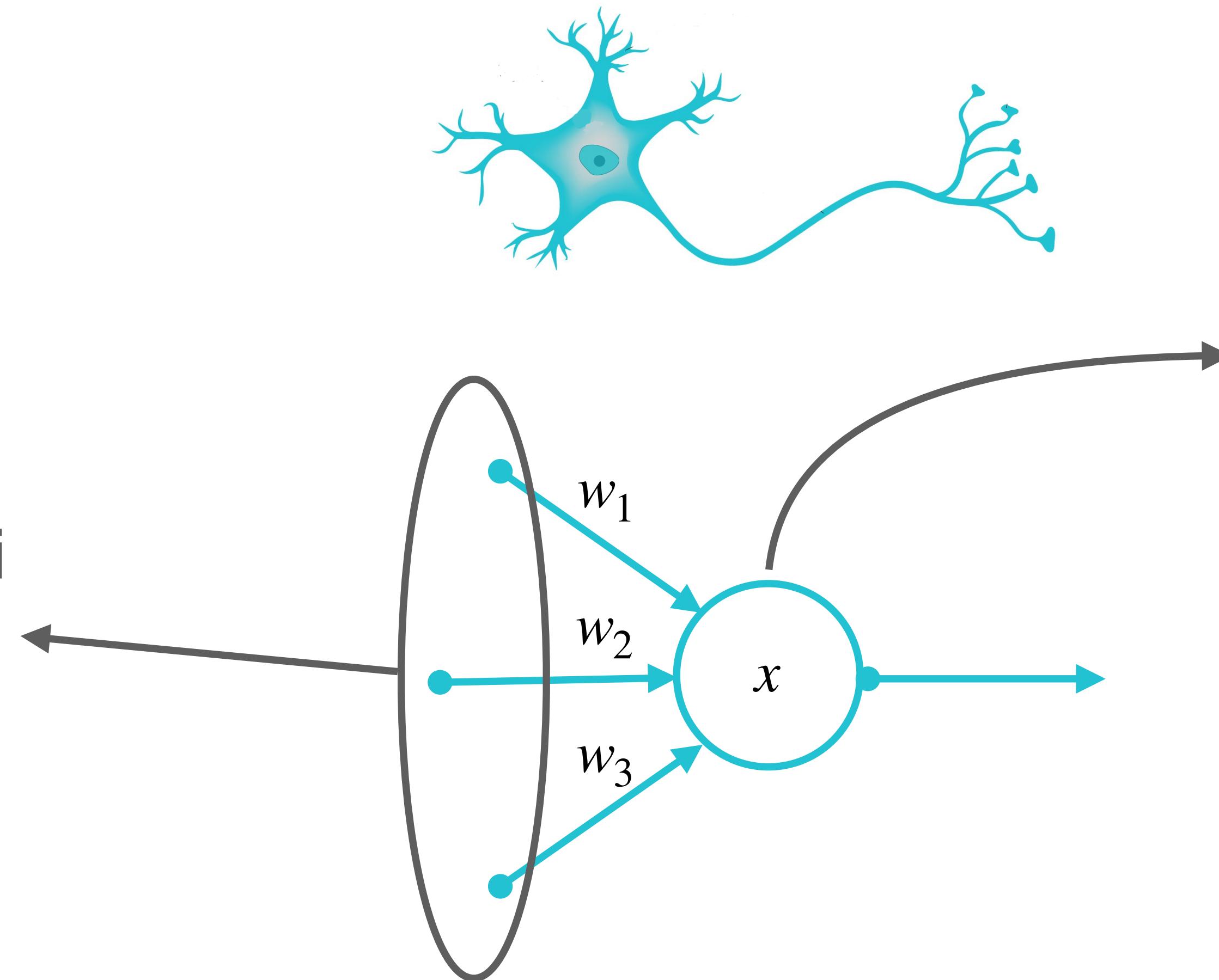


Il neurone artificiale  
contiene un numero ed  
esegue una semplice  
operazione

# Neuroni Artificiali

Ovvero le strutture più semplici che compongono una Rete Neurale

I neuroni hanno  
delle connessioni  
tra loro sia in  
entrata che in  
uscita

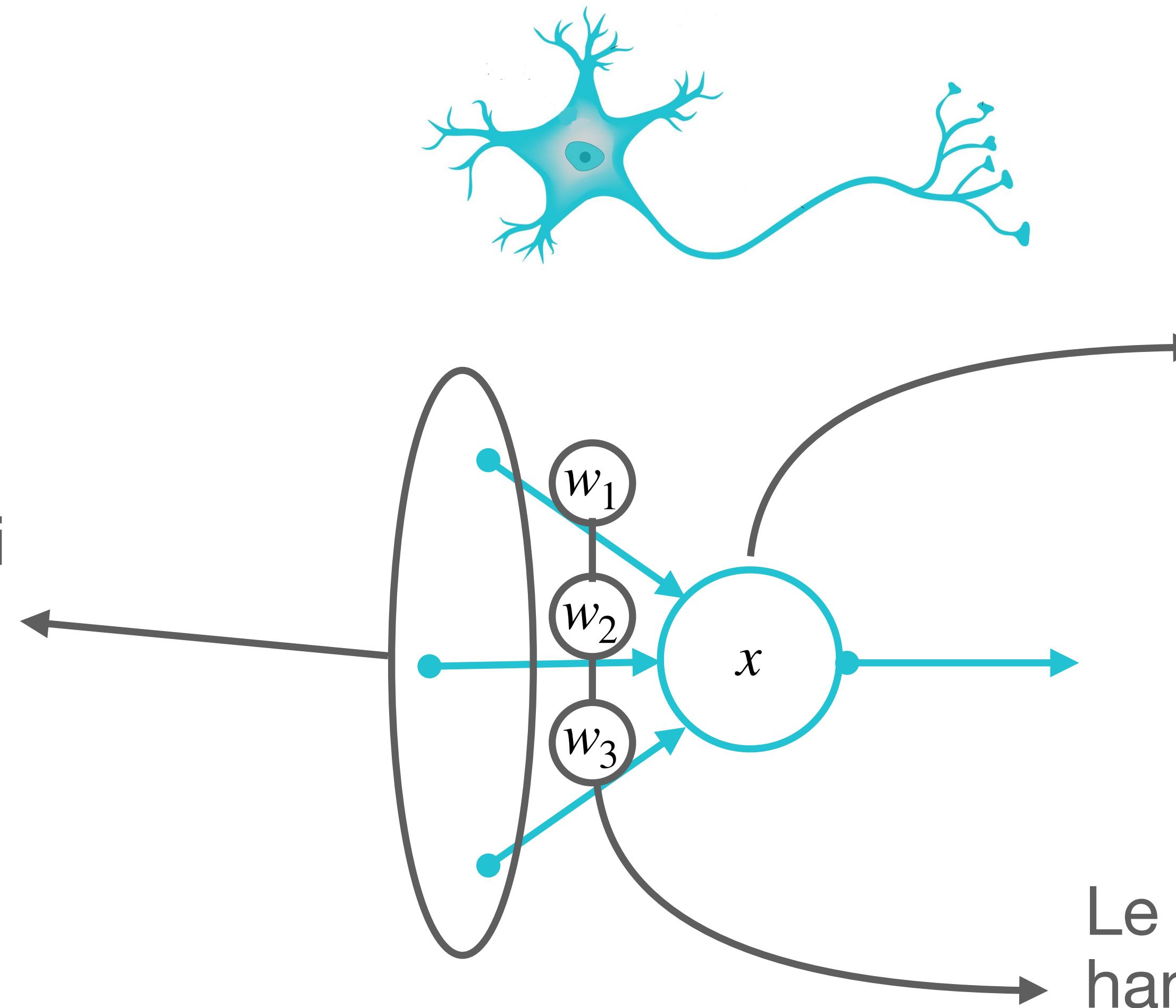


Il neurone artificiale  
contiene un numero ed  
esegue una semplice  
operazione

# Neuroni Artificiali

Ovvero le strutture più semplici che compongono una Rete Neurale

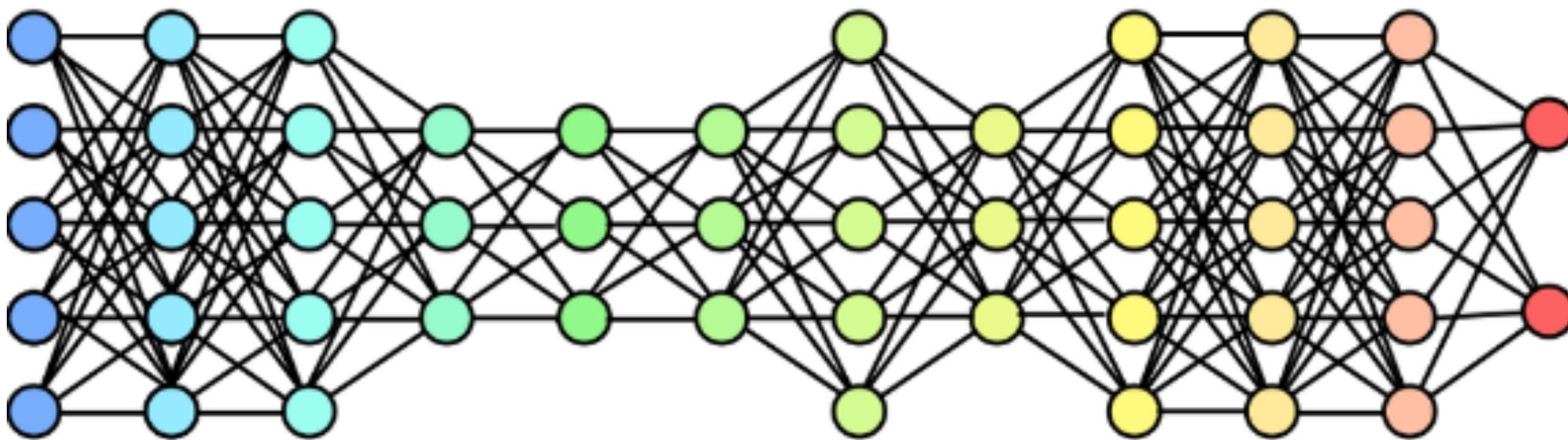
I neuroni hanno  
delle connessioni  
tra loro sia in  
entrata che in  
uscita



Il neurone artificiale  
contiene un numero ed  
esegue una semplice  
operazione

Le connessioni tra neuroni  
hanno un peso (rappresentato  
da un numero)

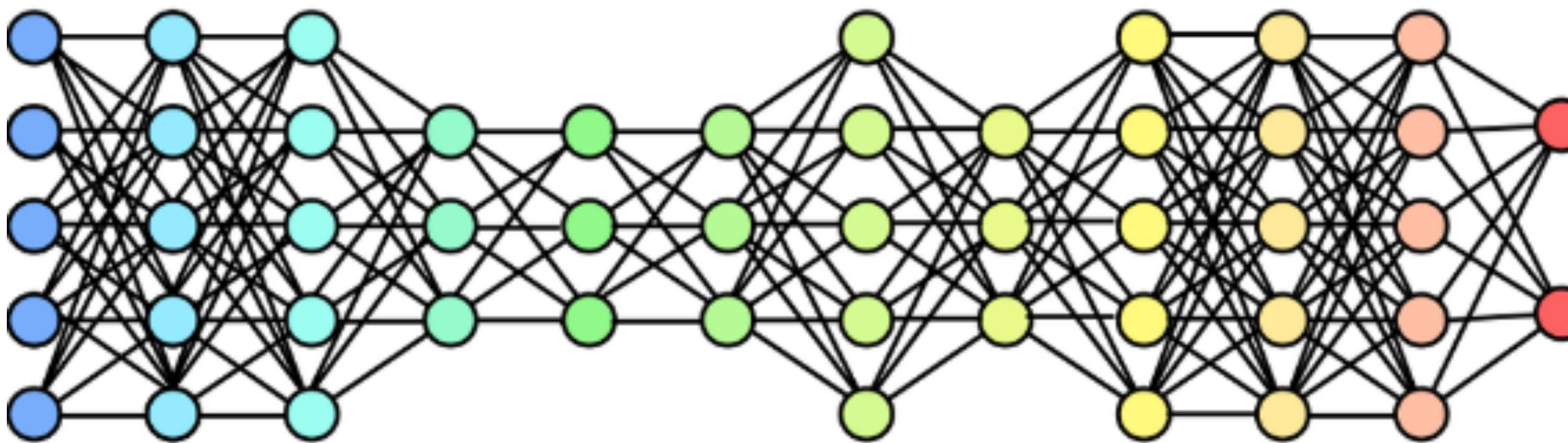
# I Neuroni Artificiali sono connessi tra loro dando così vita alle Reti Neurali



I neuroni sono organizzati in strati/livelli:

- I neuroni appartenenti allo stesso strato non hanno connessioni tra loro;
- Il primo strato si chiama di *input*;
- L'ultimo strato si chiama di *output*;
- Gli strati intermedi sono detti *nascosti*.

# I Neuroni Artificiali sono connessi tra loro dando così vita alle Reti Neurali

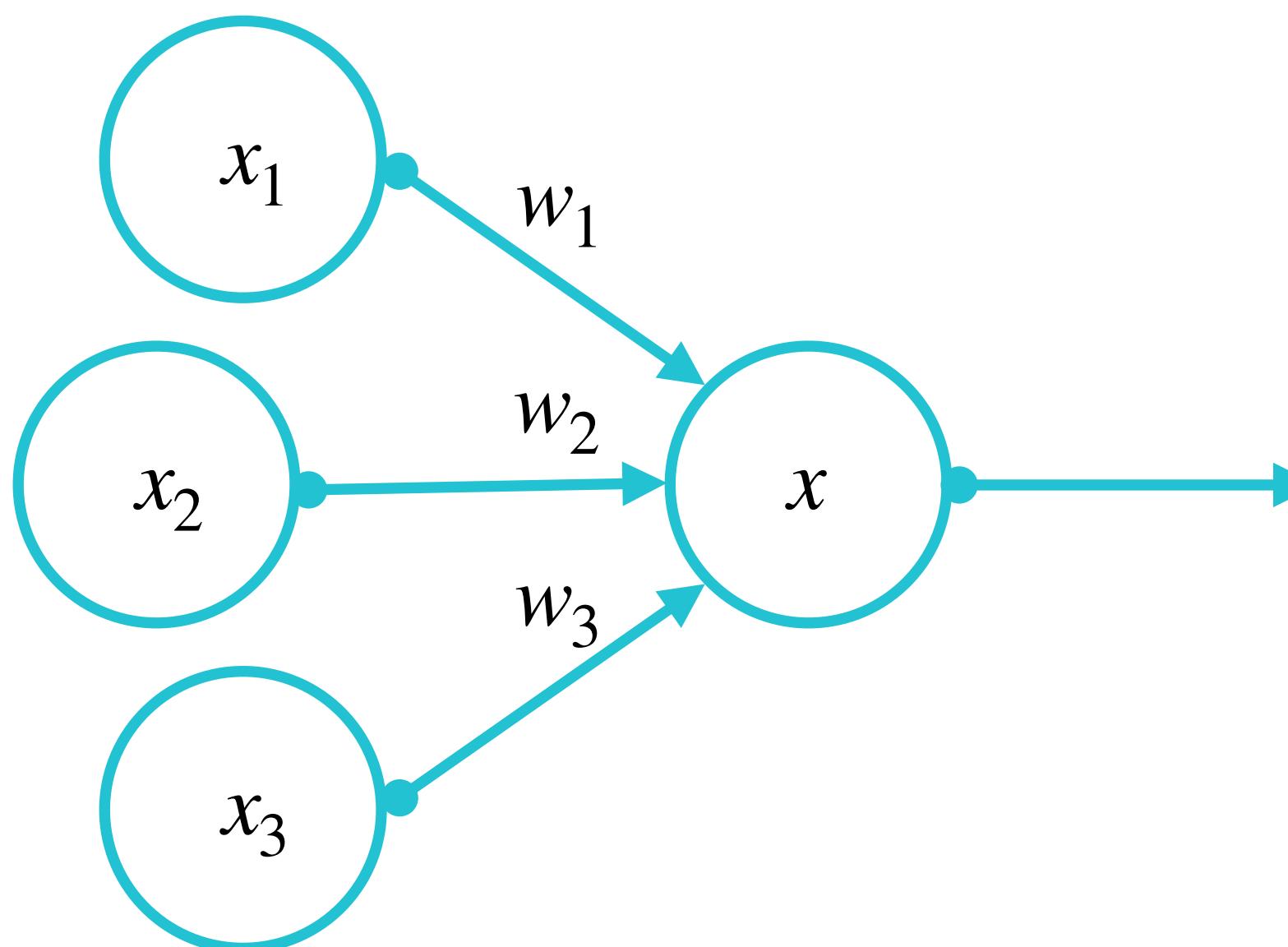


I neuroni sono organizzati in strati/livelli:

- I neuroni appartenenti allo stesso strato non hanno connessioni tra loro;
- Il primo strato si chiama di *input*;
- L'ultimo strato si chiama di *output*;
- Gli strati intermedi sono detti *nascosti*.

una rete neurale in cui tutti i neuroni di uno strato sono connessi a tutti quelli dello strato successivo si chiama Rete Neurale Completamente Connessa (Multi Layer Perceptron - MLP)

# Ogni Neurone esegue una funzione semplice per calcolare il valore che contiene

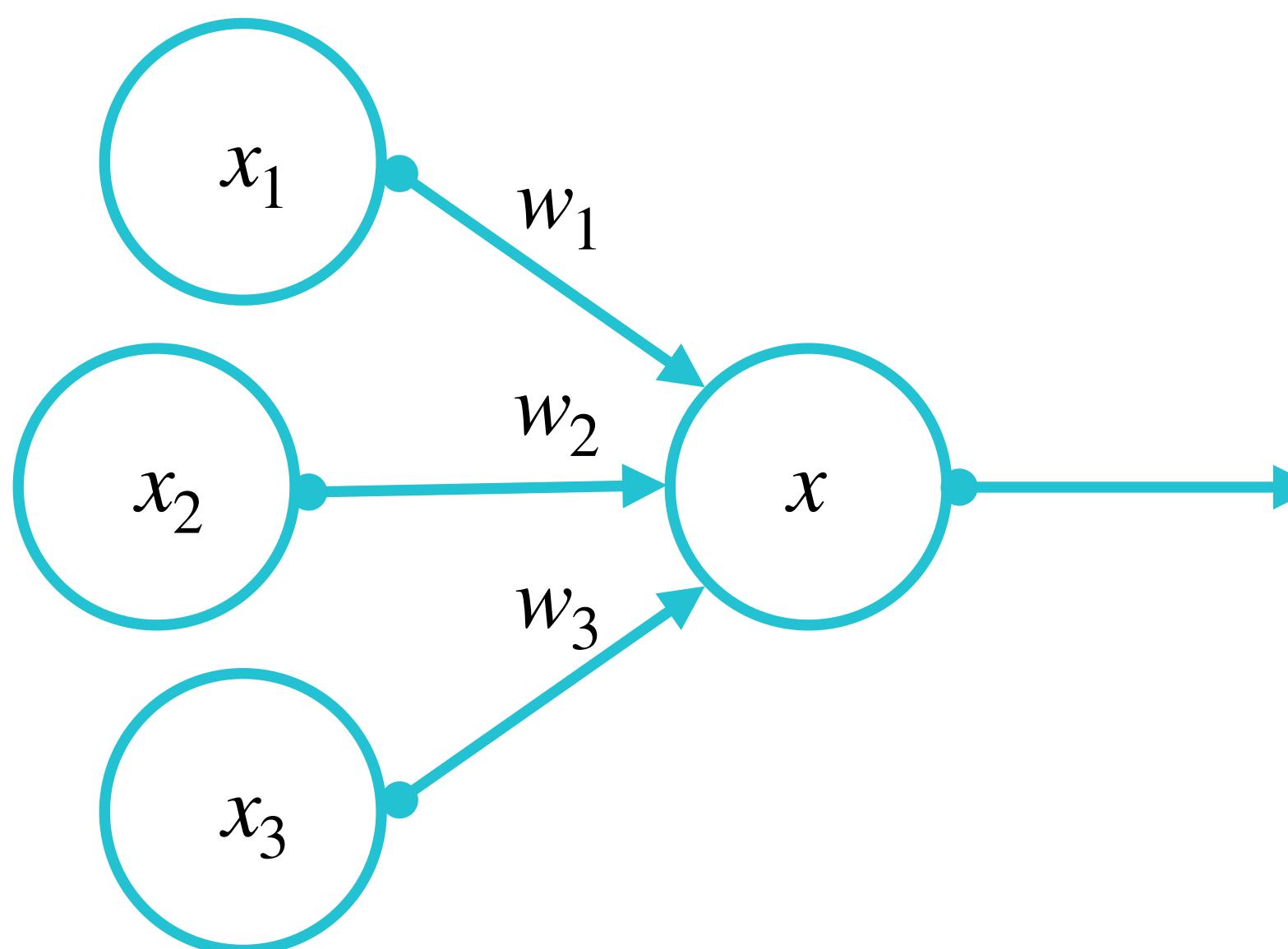


## Step 1:

Combinazione lineare del valore dei neuroni dello strato precedente, usando come coefficienti i pesi delle connessioni

$$x = w_1 \cdot x_1 + w_2 \cdot x_2 + w_3 \cdot x_3$$

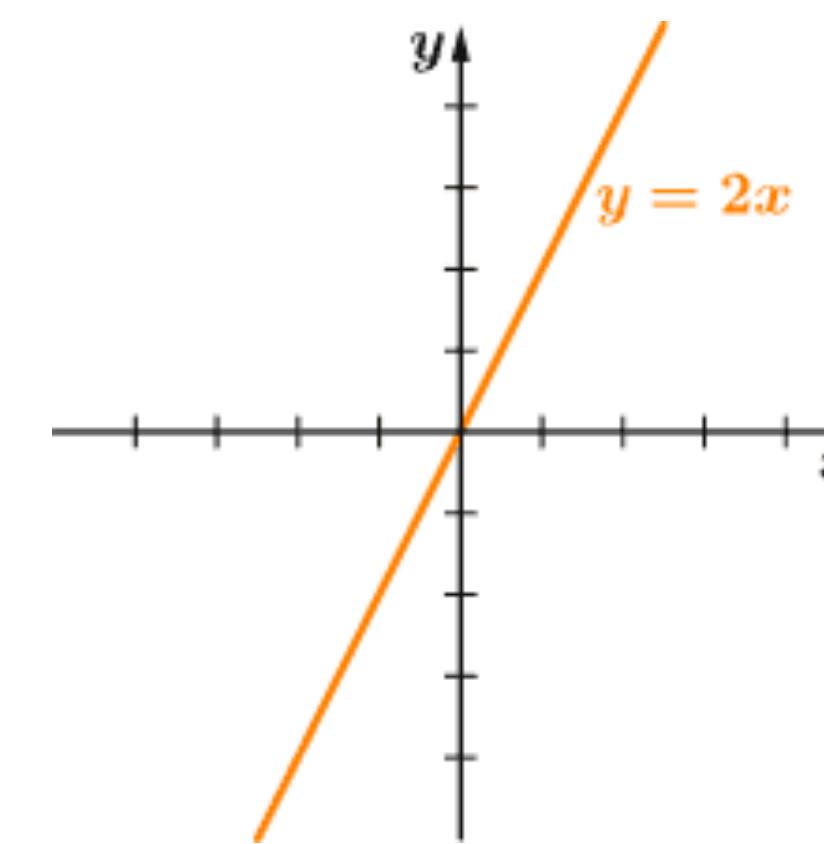
# Ogni Neurone esegue una funzione semplice per calcolare il valore che contiene



## Step 1:

Combinazione lineare del valore dei neuroni dello strato precedente, usando come coefficienti i pesi delle connessioni

$$x = w_1 \cdot x_1 + w_2 \cdot x_2 + w_3 \cdot x_3$$

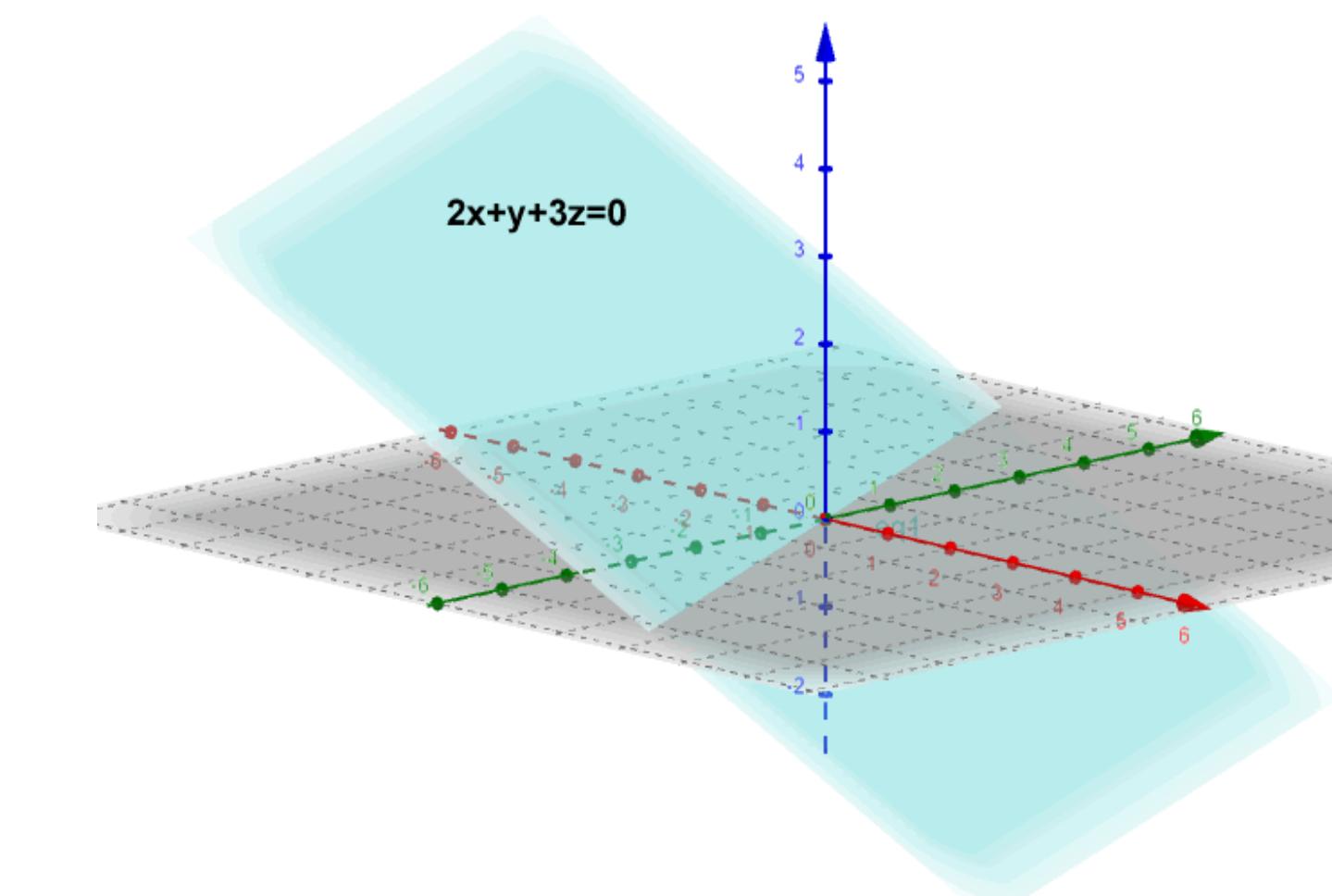
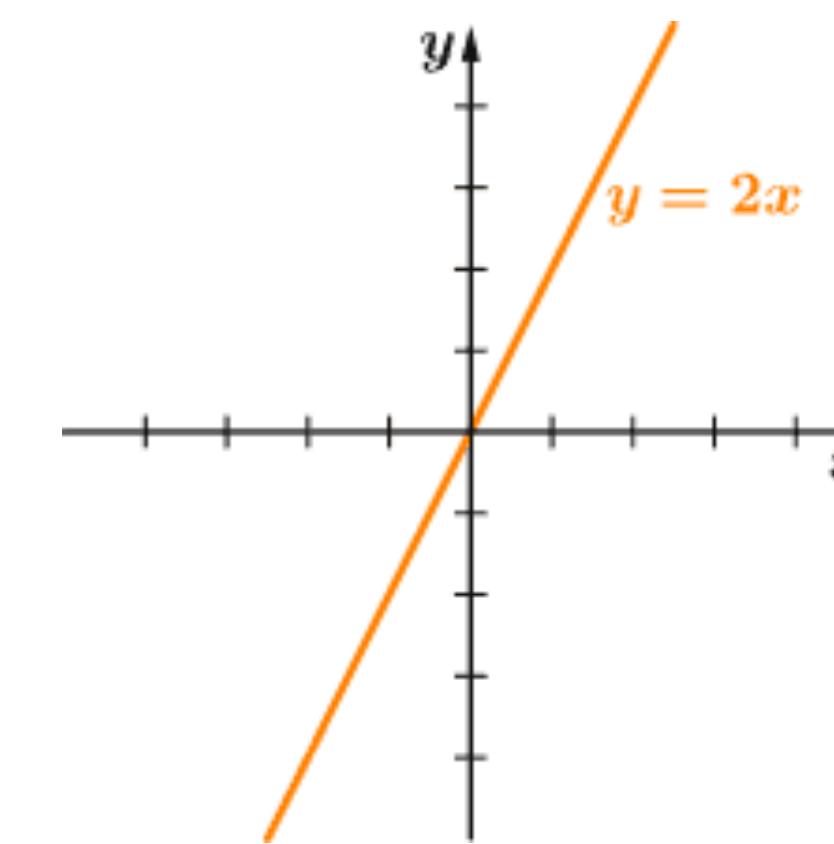
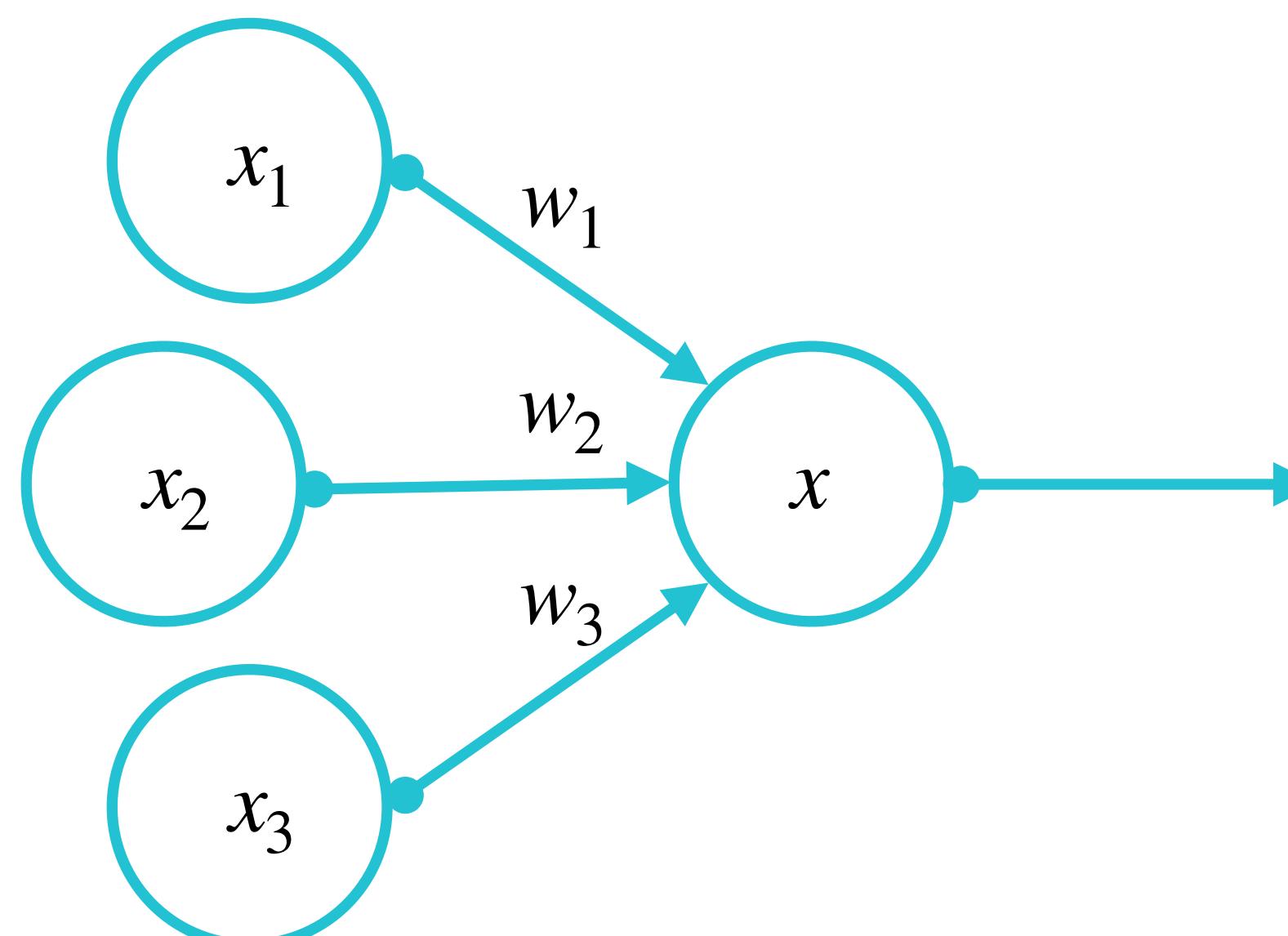


# Ogni Neurone esegue una funzione semplice per calcolare il valore che contiene

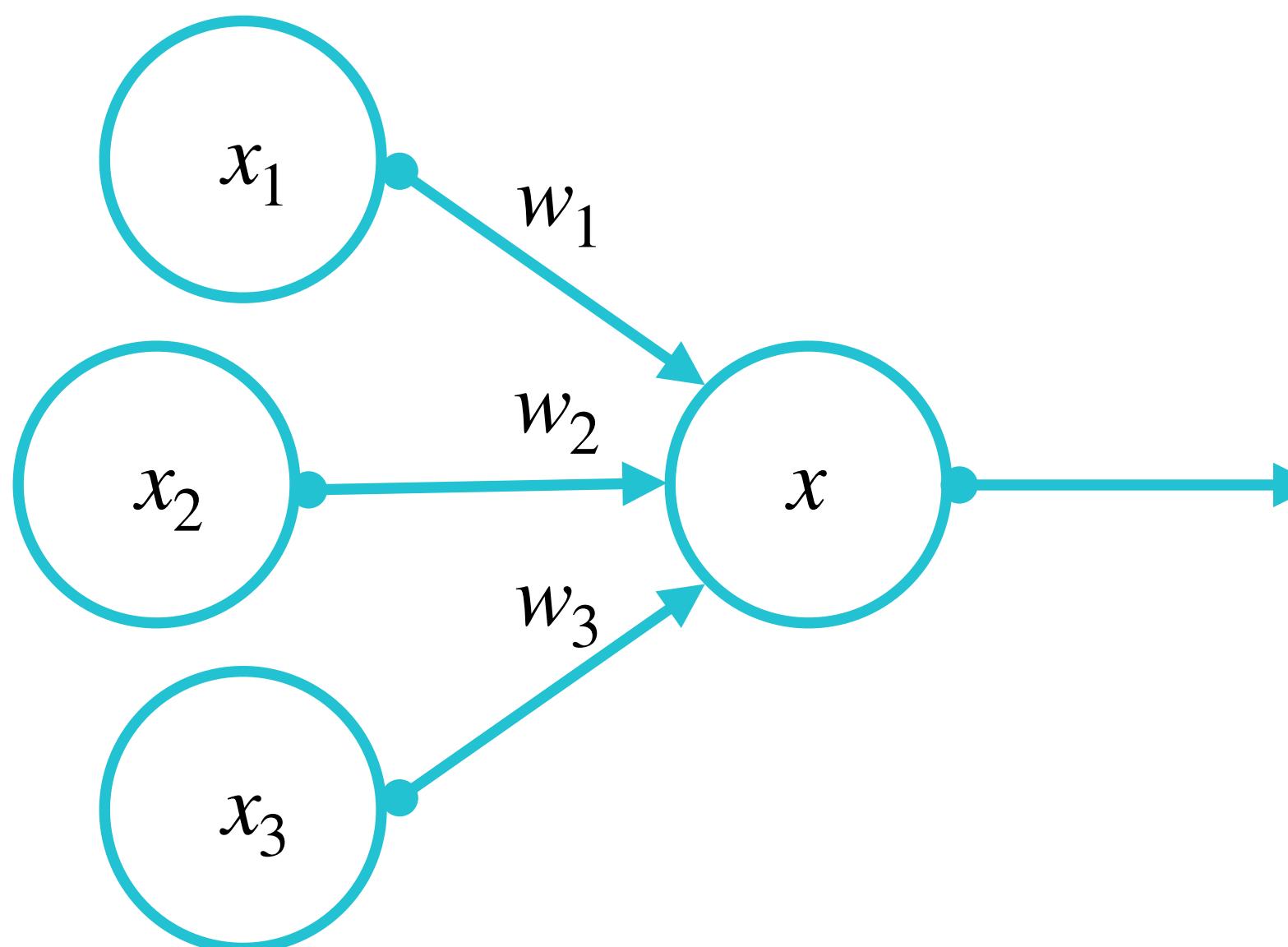
## Step 1:

Combinazione lineare del valore dei neuroni dello strato precedente, usando come coefficienti i pesi delle connessioni

$$x = w_1 \cdot x_1 + w_2 \cdot x_2 + w_3 \cdot x_3$$



# Ogni Neurone esegue una funzione semplice per calcolare il valore che contiene

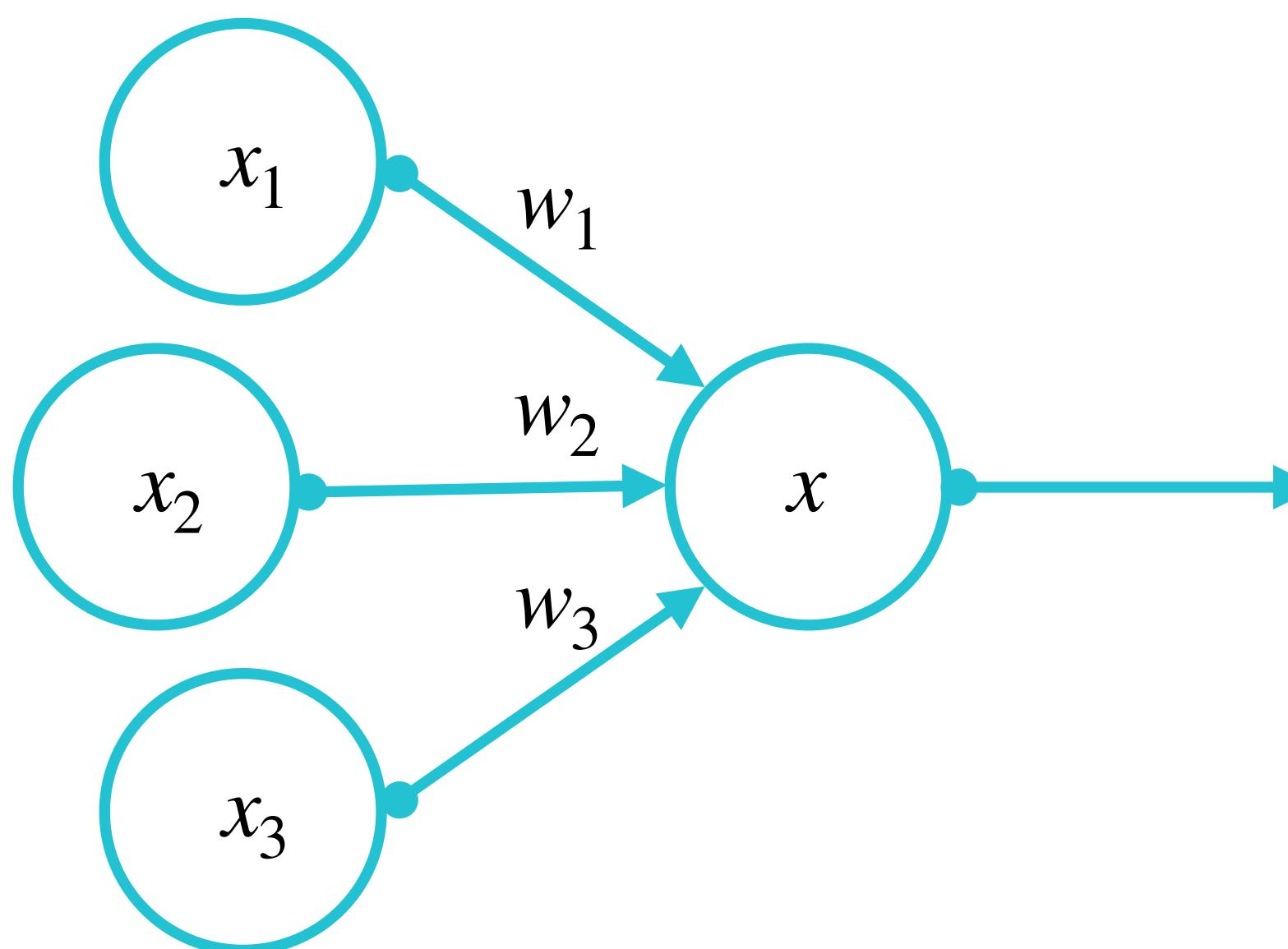


## Step 1:

Combinazione lineare del valore dei neuroni dello strato precedente, usando come coefficienti i pesi delle connessioni

$$x = w_1 \cdot x_1 + w_2 \cdot x_2 + w_3 \cdot x_3 + b$$

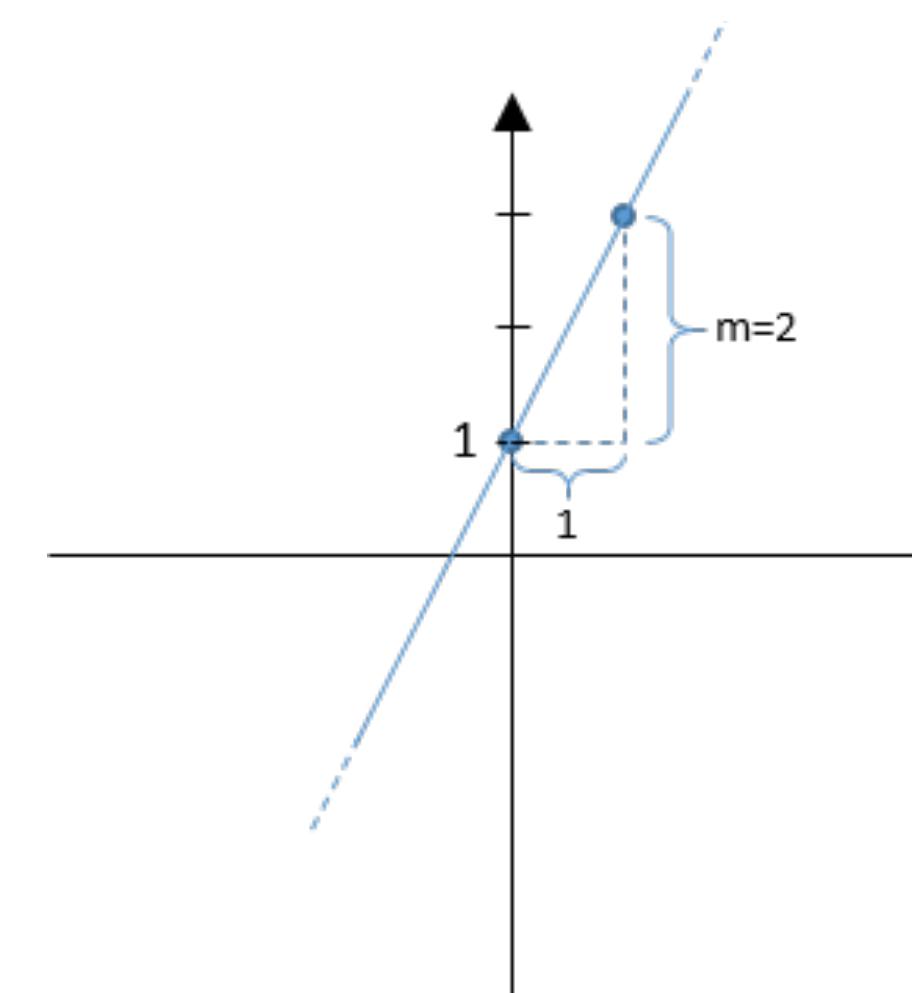
# Ogni Neurone esegue una funzione semplice per calcolare il valore che contiene



## Step 1:

Combinazione lineare del valore dei neuroni dello strato precedente, usando come coefficienti i pesi delle connessioni

$$x = w_1 \cdot x_1 + w_2 \cdot x_2 + w_3 \cdot x_3 + b$$

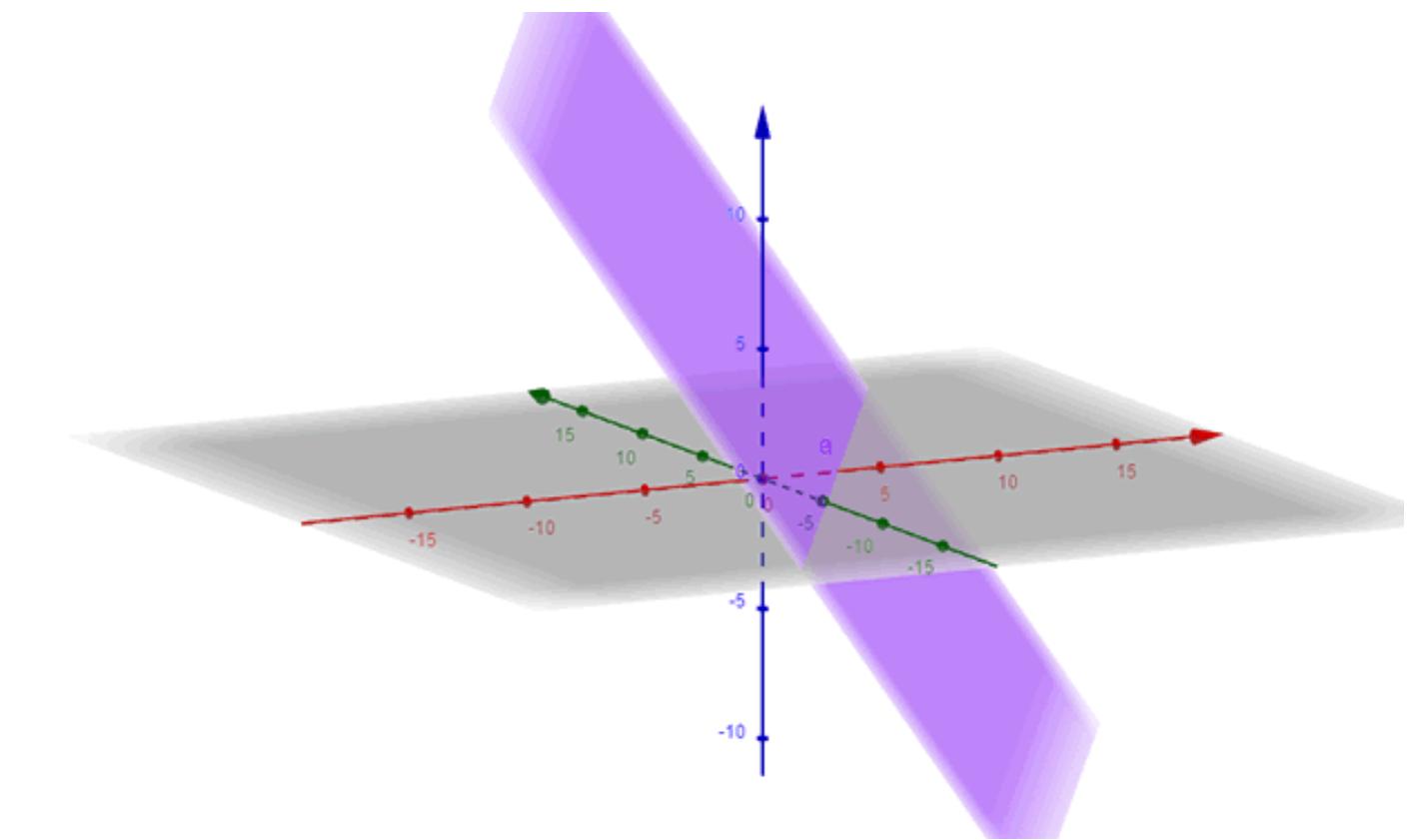
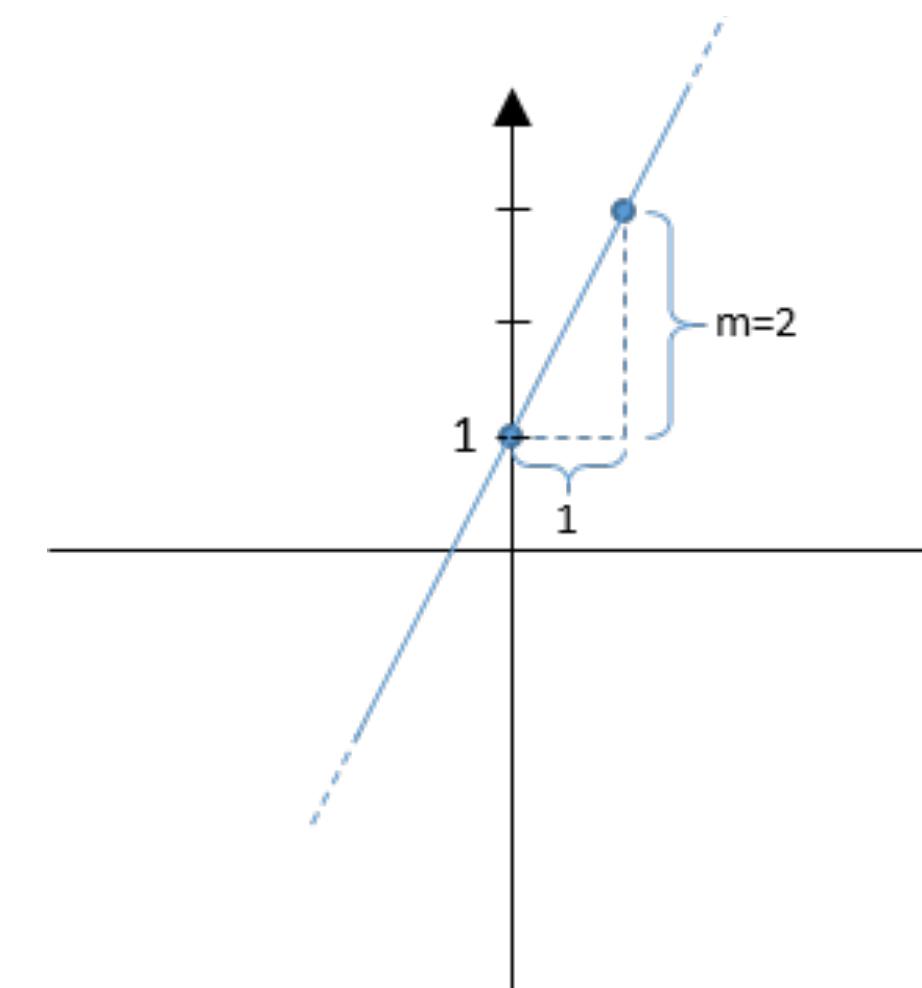
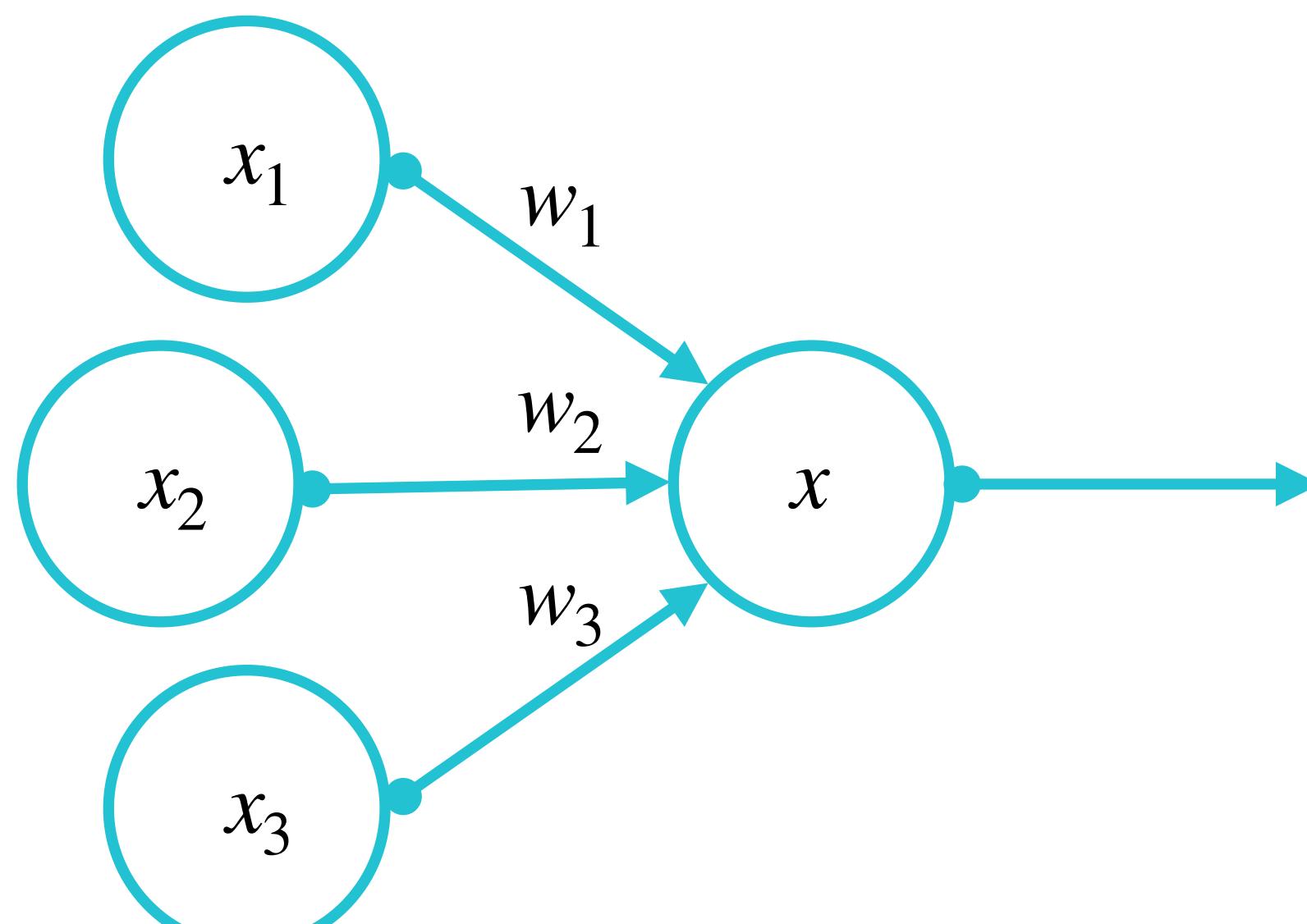


# Ogni Neurone esegue una funzione semplice per calcolare il valore che contiene

## Step 1:

Combinazione lineare del valore dei neuroni dello strato precedente, usando come coefficienti i pesi delle connessioni

$$x = w_1 \cdot x_1 + w_2 \cdot x_2 + w_3 \cdot x_3 + b$$

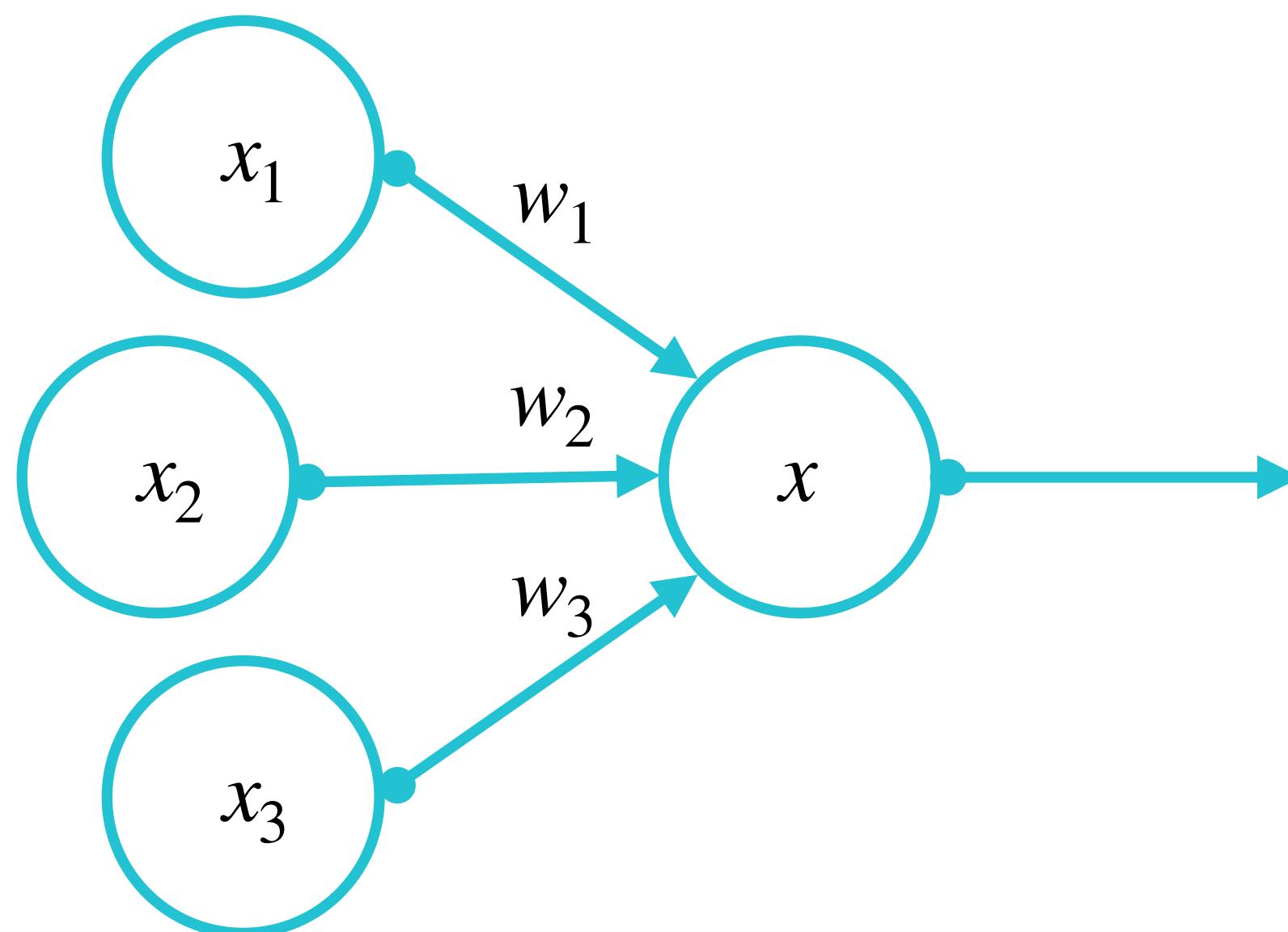


# Ogni Neurone esegue una funzione semplice per calcolare il valore che contiene

## Step 2:

Trasformare la combinazione lineare con una funzione non lineare  $\sigma$  (chiamata attivazione)

$$x = \sigma(w_1 \cdot x_1 + w_2 \cdot x_2 + w_3 \cdot x_3 + b)$$

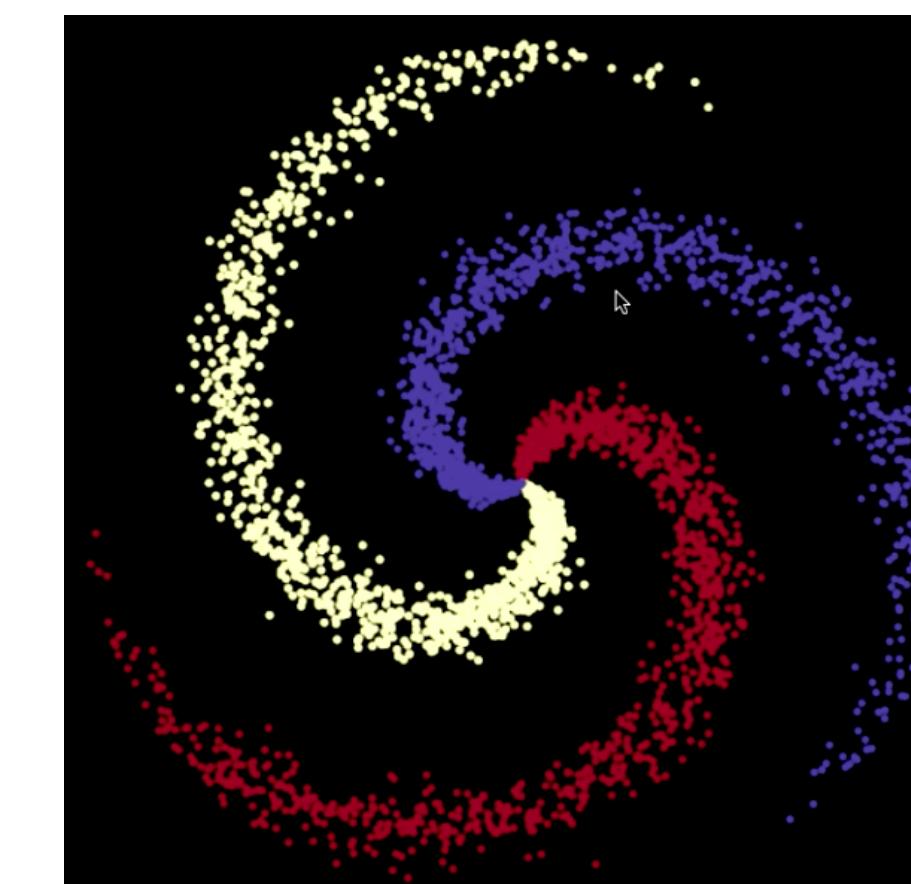
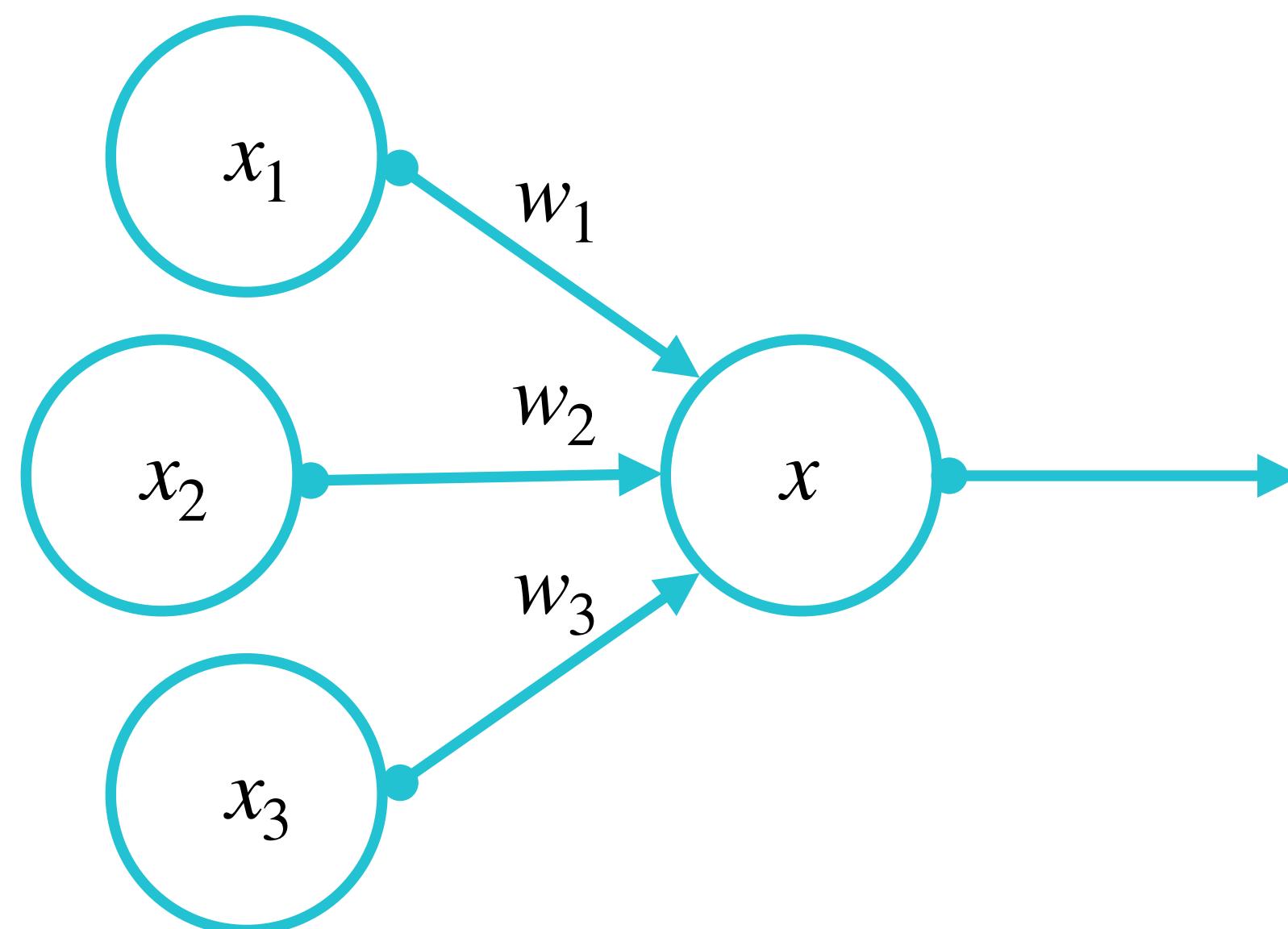


# Ogni Neurone esegue una funzione semplice per calcolare il valore che contiene

## Step 2:

Trasformare la combinazione lineare con una funzione non lineare  $\sigma$  (chiamata attivazione)

$$x = \sigma(w_1 \cdot x_1 + w_2 \cdot x_2 + w_3 \cdot x_3 + b)$$

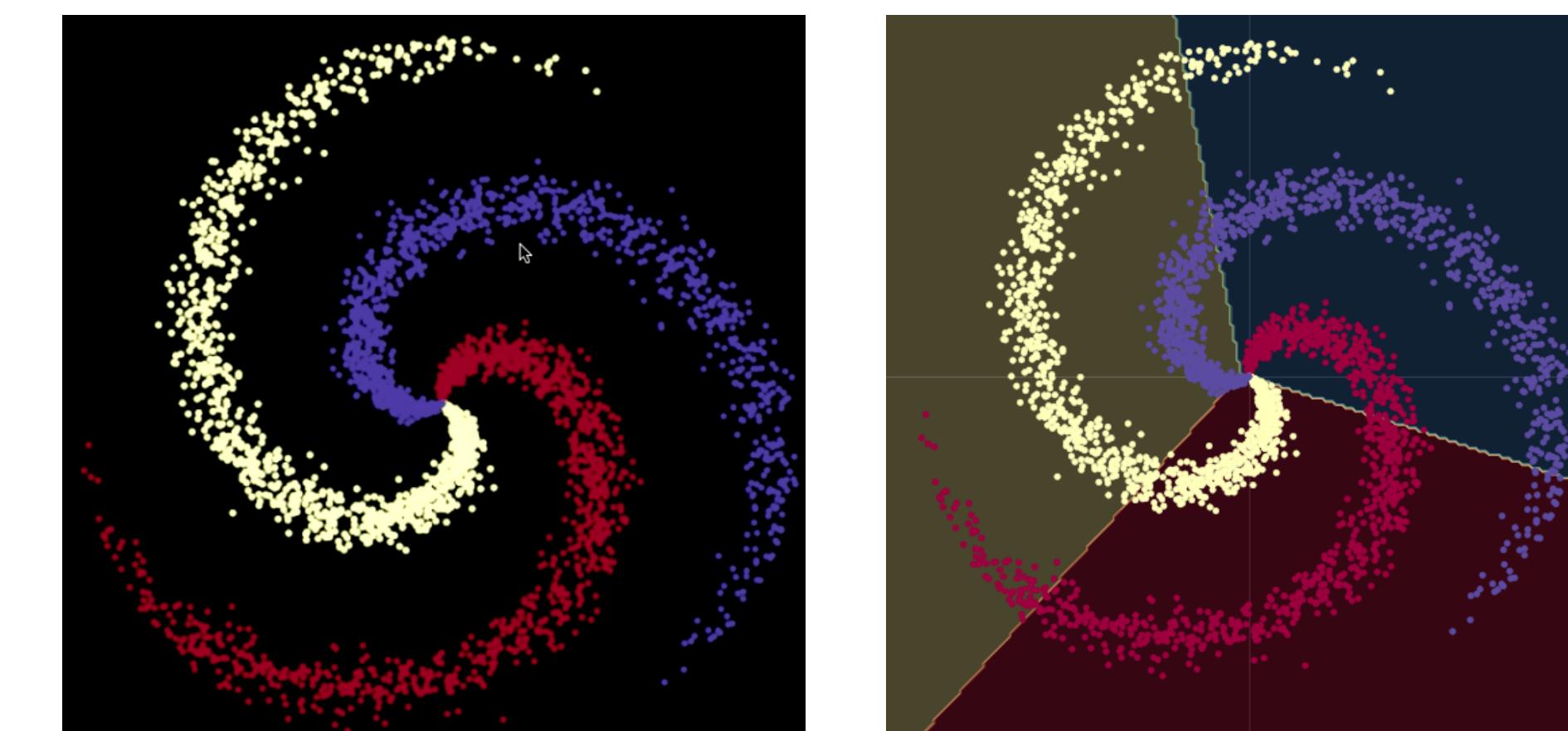
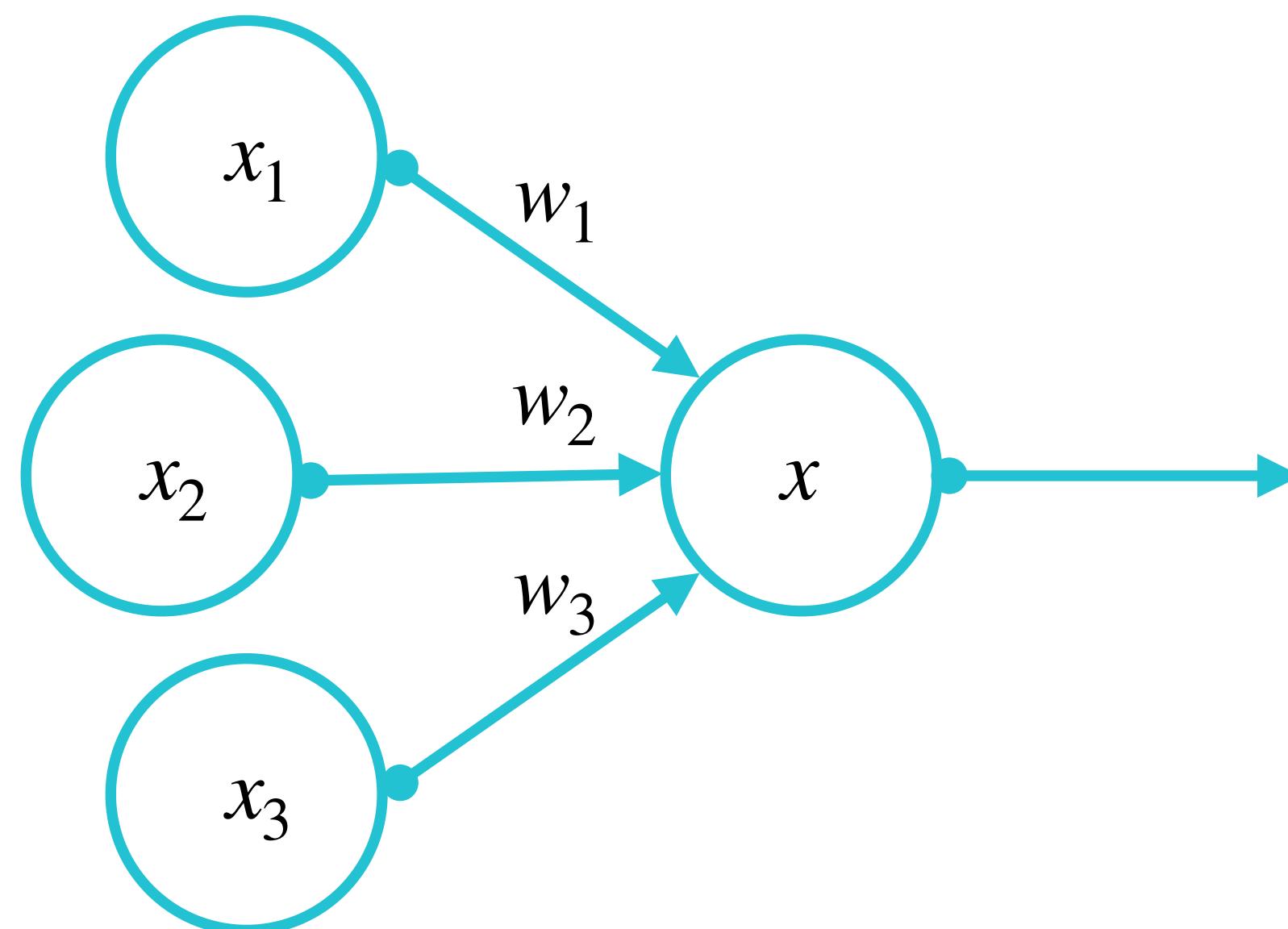


# Ogni Neurone esegue una funzione semplice per calcolare il valore che contiene

## Step 2:

Trasformare la combinazione lineare con una funzione non lineare  $\sigma$  (chiamata attivazione)

$$x = \sigma(w_1 \cdot x_1 + w_2 \cdot x_2 + w_3 \cdot x_3 + b)$$

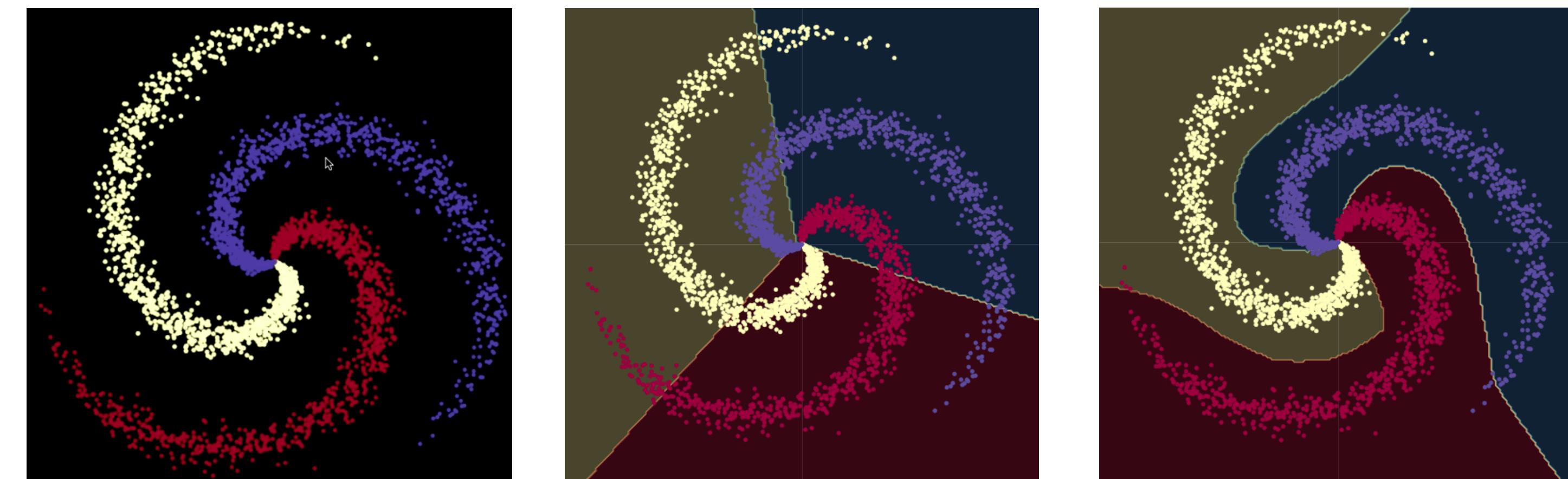
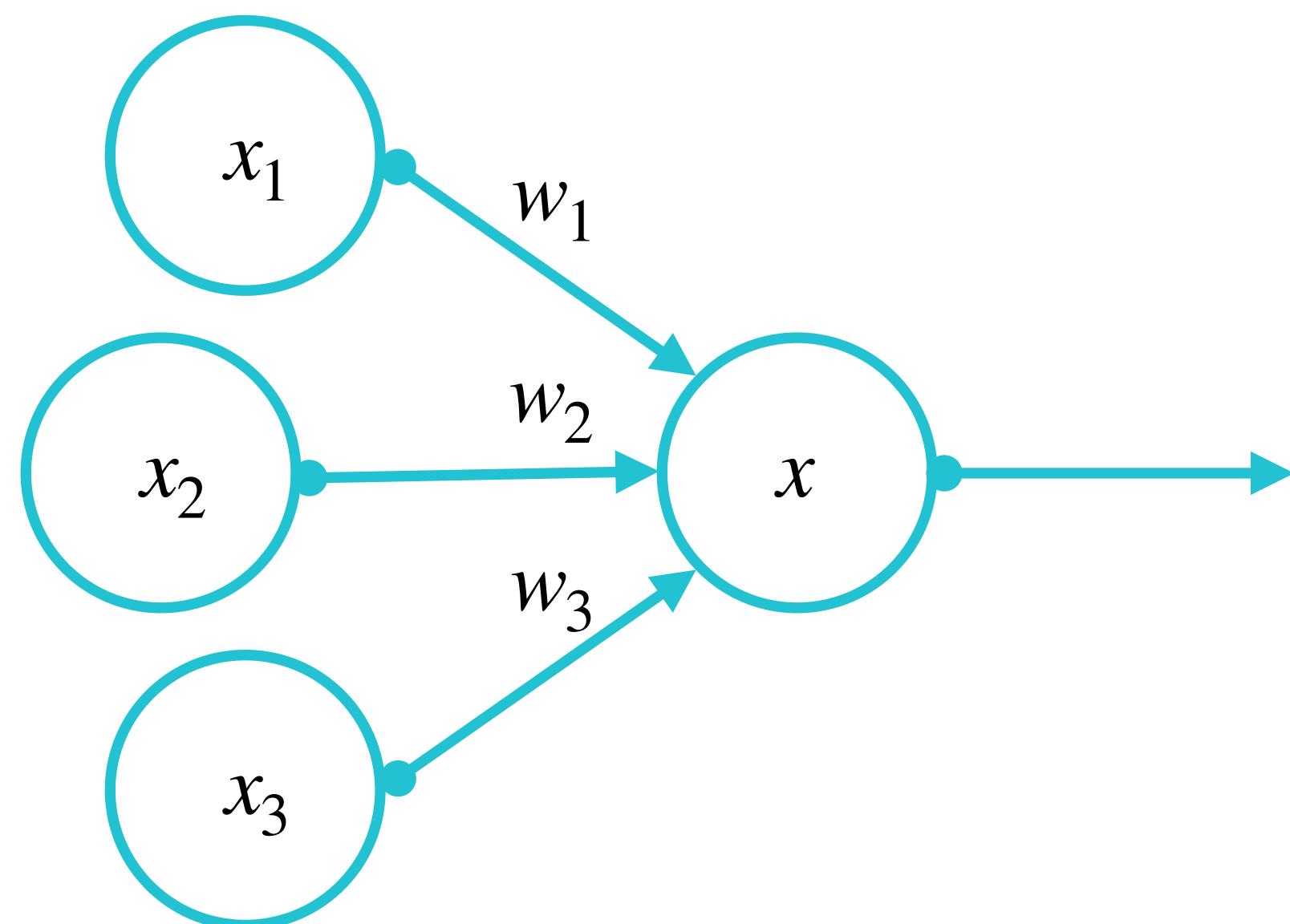


# Ogni Neurone esegue una funzione semplice per calcolare il valore che contiene

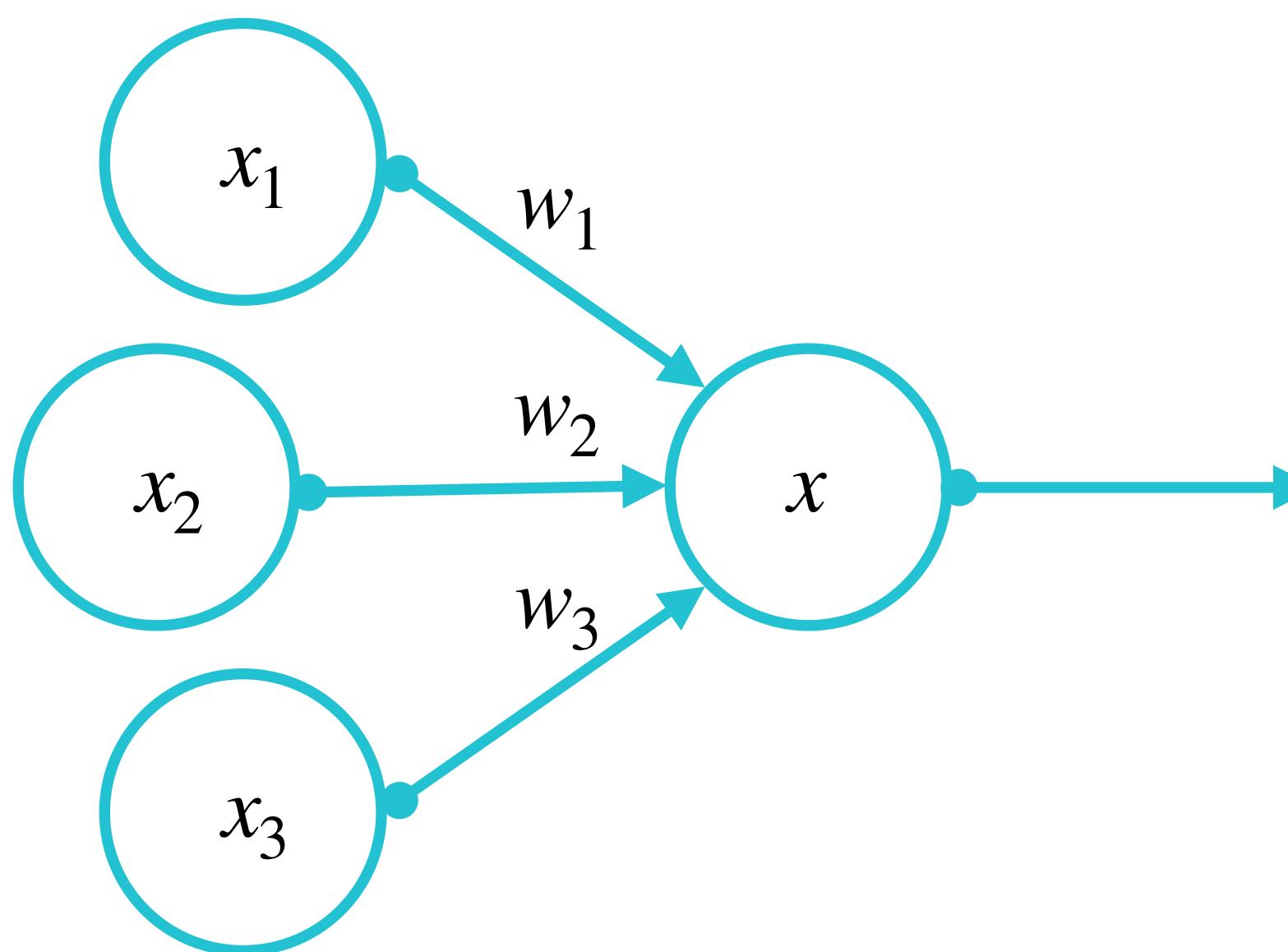
## Step 2:

Trasformare la combinazione lineare con una funzione non lineare  $\sigma$  (chiamata attivazione)

$$x = \sigma(w_1 \cdot x_1 + w_2 \cdot x_2 + w_3 \cdot x_3 + b)$$



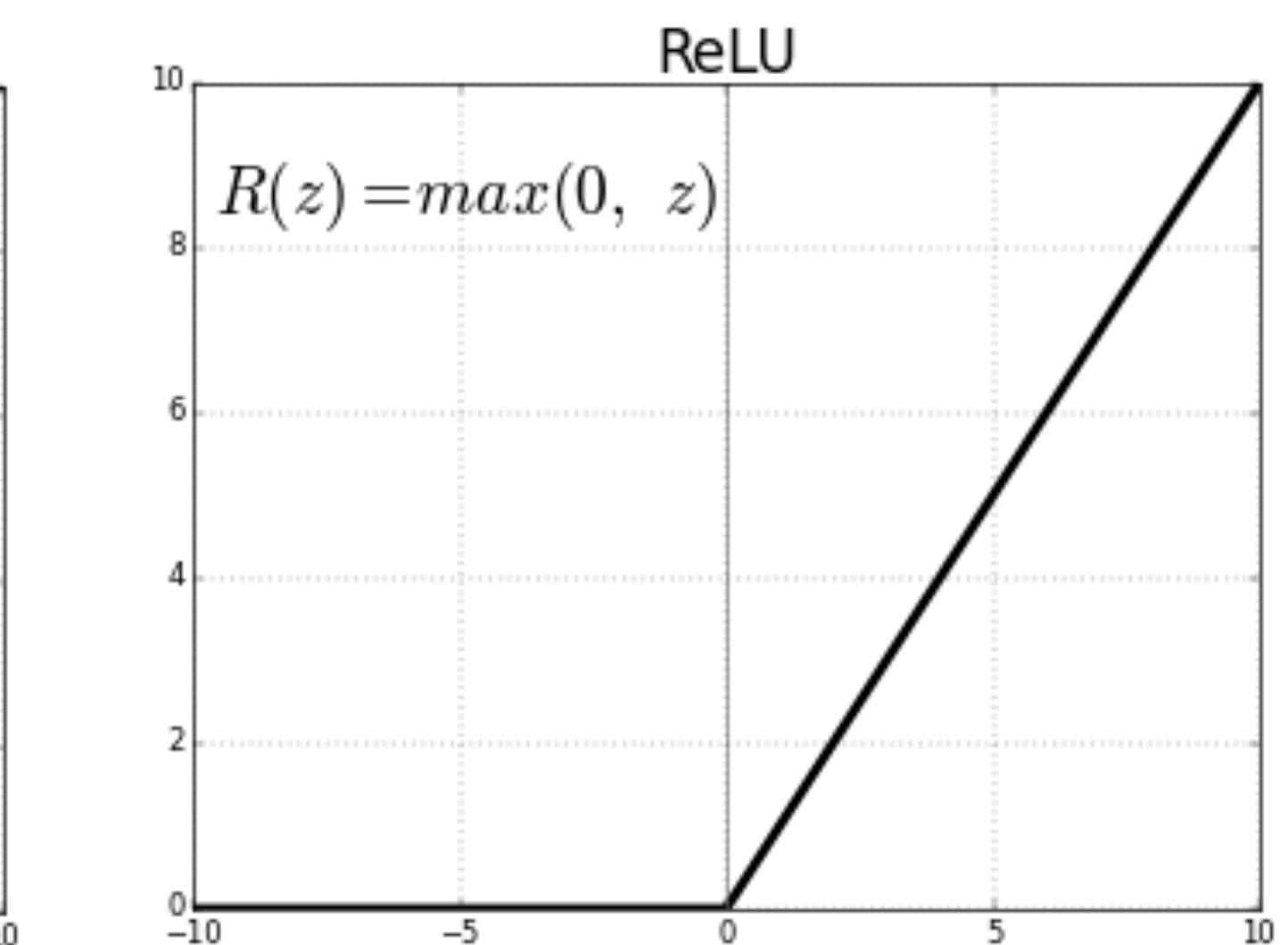
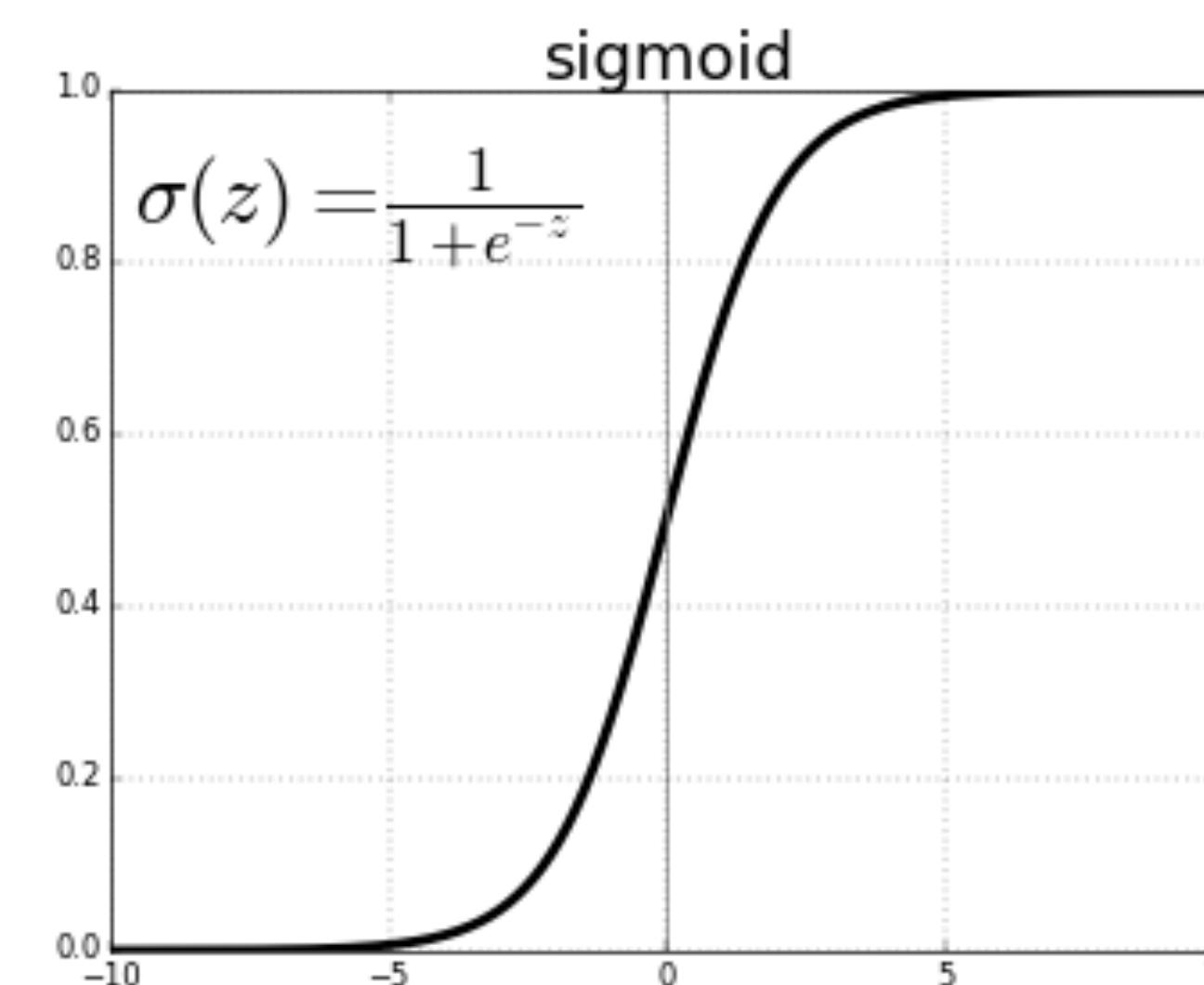
# Ogni Neurone esegue una funzione semplice per calcolare il valore che contiene



**Step 2:**

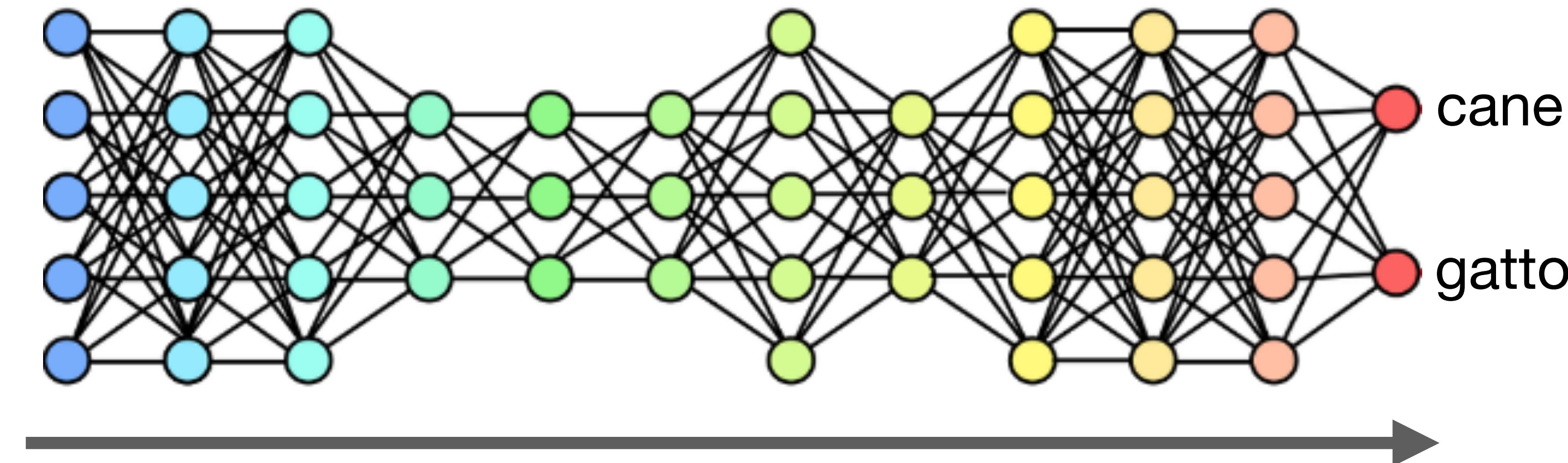
Trasformare la combinazione lineare con una funzione non lineare  $\sigma$

$$x = \sigma(w_1 \cdot x_1 + w_2 \cdot x_2 + w_3 \cdot x_3 + b)$$



# Addestrare una Rete Neurale

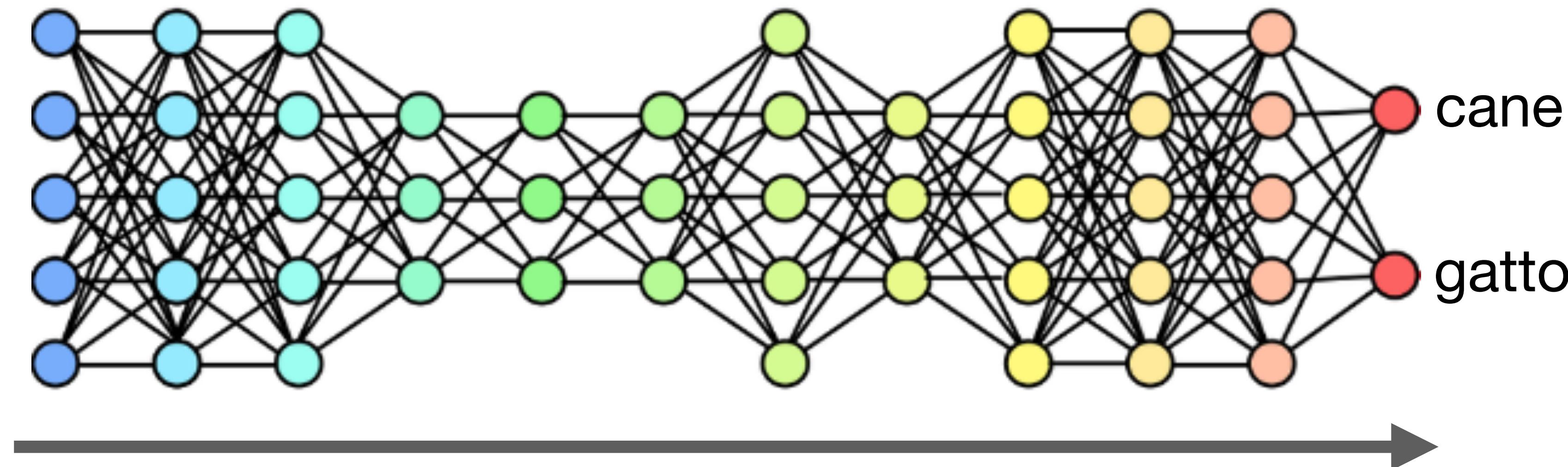
Ovvero trovare il valore dei suoi pesi  $w$  e termini di correzione  $b$



I calcoli per produrre un output dato un input vanno  
in questa direzione

# Addestrare una Rete Neurale

Ovvero trovare il valore dei suoi pesi  $w$  e termini di correzione  $b$



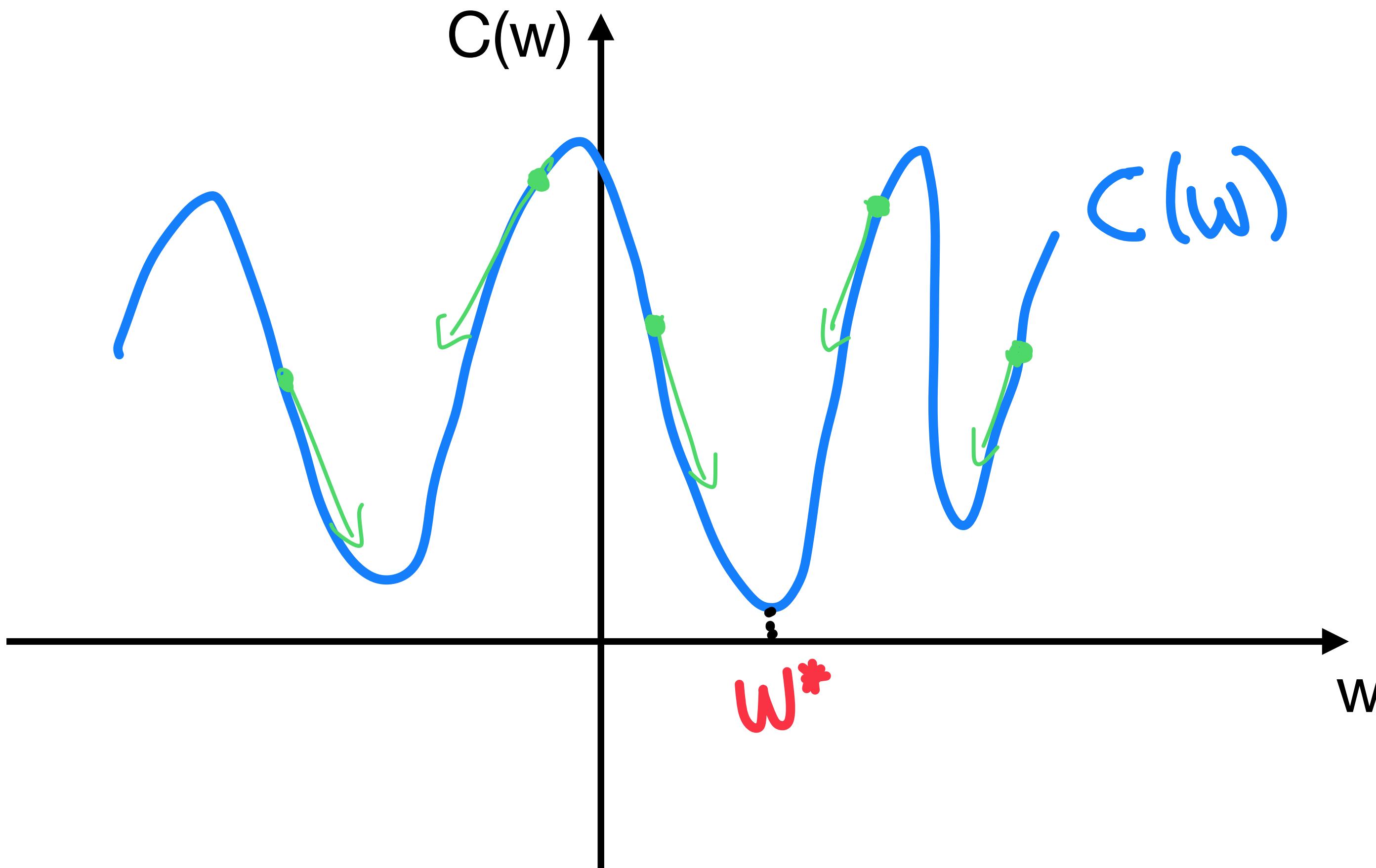
I calcoli per produrre un output dato un input vanno  
in questa direzione



L'errore (in funzione di  $w$  e  $b$ ), ovvero la funzione di  
costo o perdita, viene calcolato in questa direzione

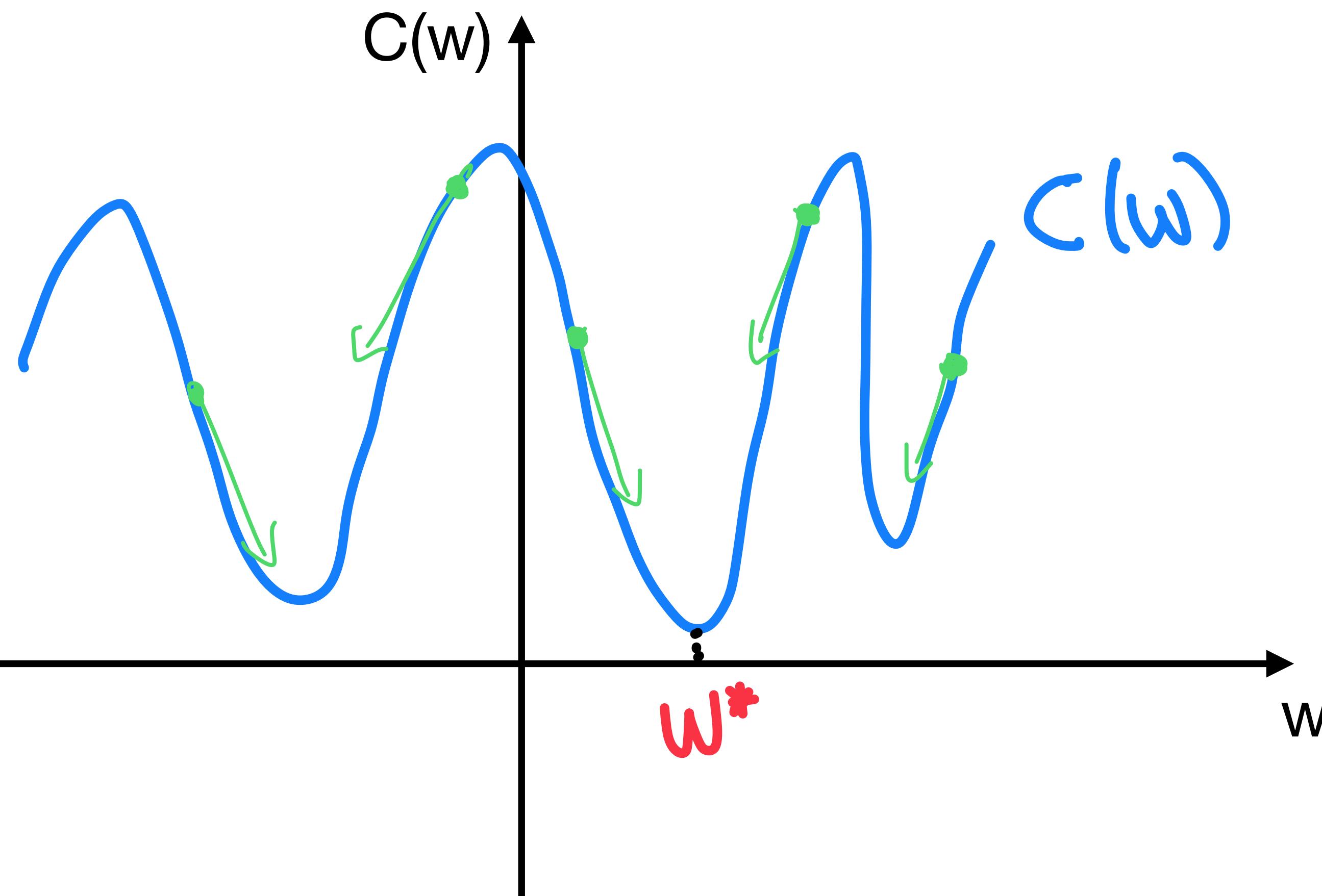
# Addestrare una Rete Neurale

## Ovvero minimizzare la sua funzione di perdita



# Addestrare una Rete Neurale

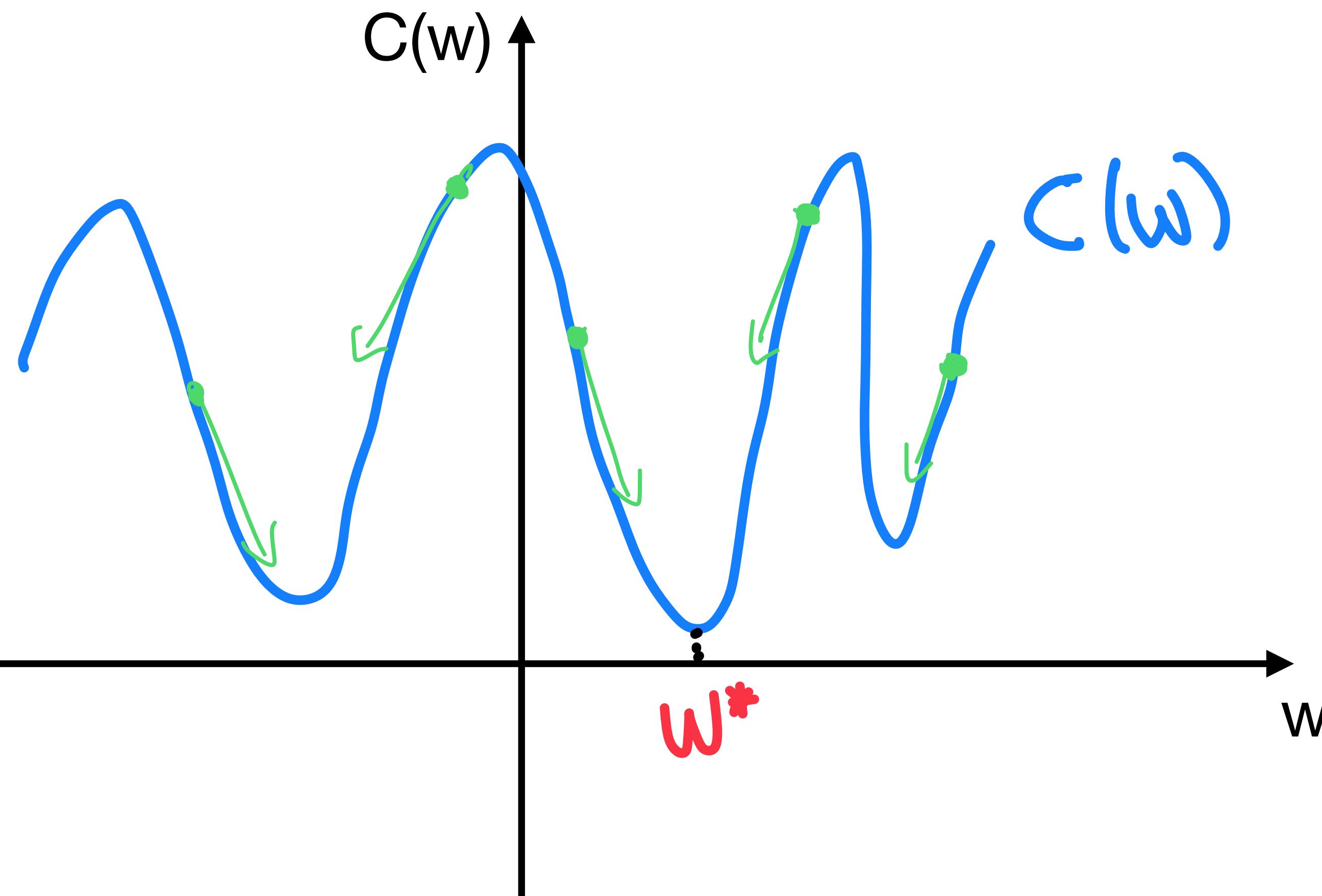
## Ovvero minimizzare la sua funzione di perdita



La learning rate quantifica quanto è lungo il passo che facciamo nella direzione di ottimizzazione.

# Addestrare una Rete Neurale

## Ovvero minimizzare la sua funzione di perdita



La learning rate quantifica quanto è lungo il passo che facciamo nella direzione di ottimizzazione.

Nella pratica, la minimizzazione della funzione di costo viene fatta da una componente software che si chiama ottimizzatore.

# Addestrare una Rete Neurale

## Visualizzare dell'evoluzione della funzione imparata

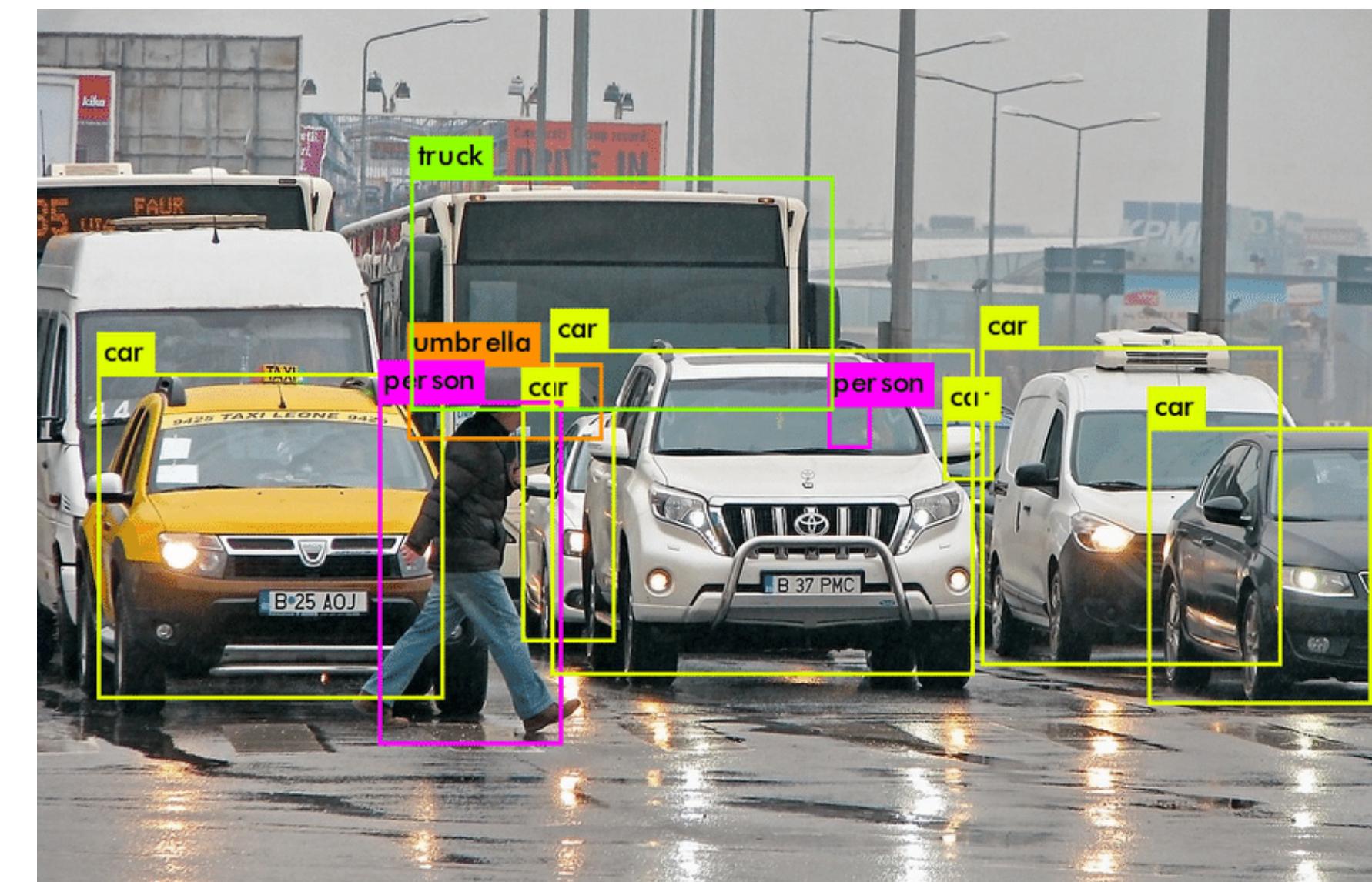
[tensorflow - neural network playground](#)

Glossario aggiuntivo:

- Si dice che è trascorsa un'epoca di training quando la rete ha ricevuto tutto il (training) dataset in input;
- Il dataset può esser passato alla rete sia un esempio alla volta, che a gruppi (batch);
- La regolarizzazione serve ad evitare che il valore dei pesi della rete cresca senza controllo.

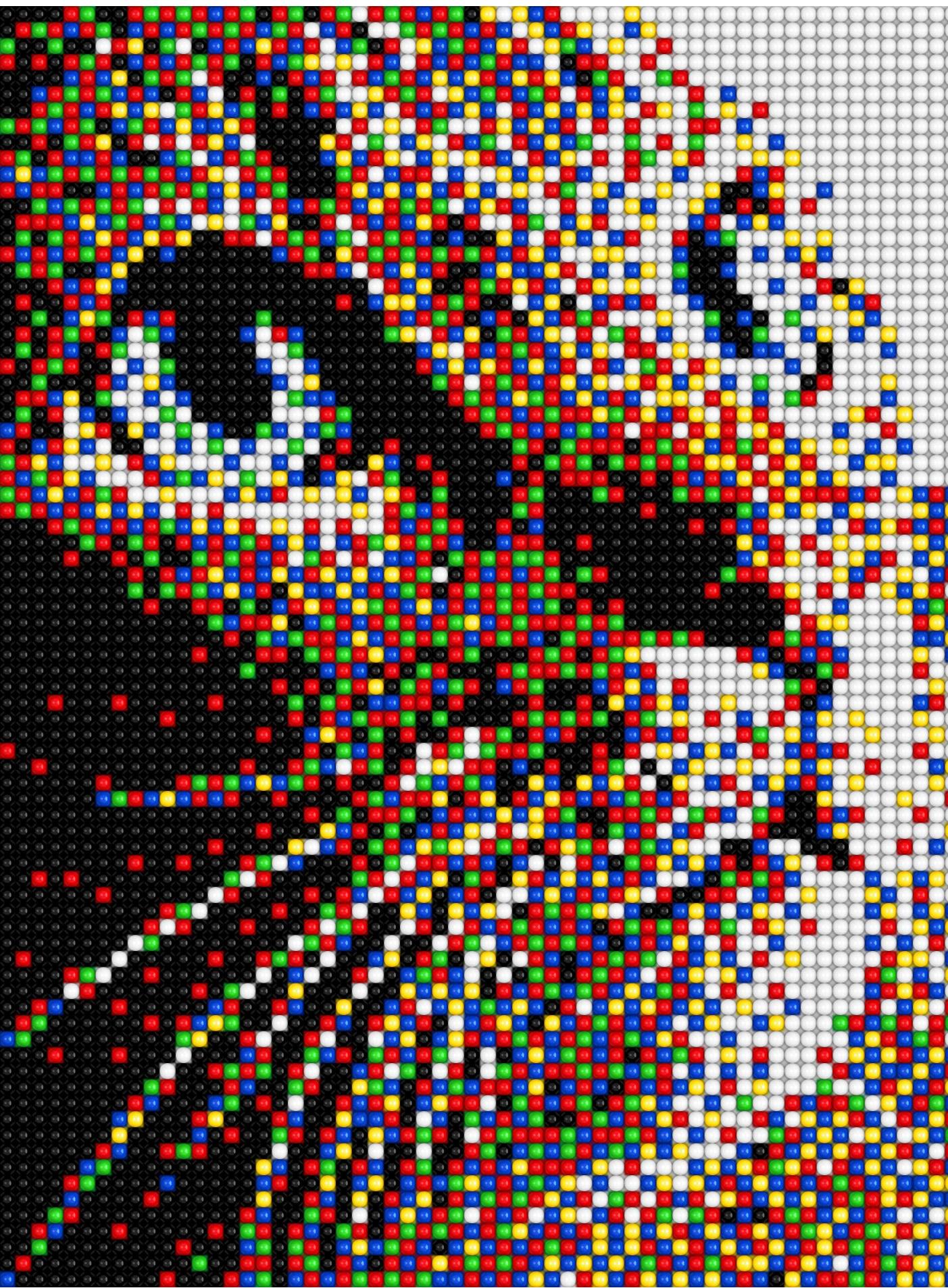
# Cos'è la Computer Vision?

Si chiama Computer Vision la tecnologia il cui scopo è dare ai computer la **capacità di interpretare e analizzare immagini**.



# Come vedono i computer?

In breve: per i computer le immagini sono matrici di numeri



Le immagini digitali sono griglie rettangolari di **pixel** (abbr. di picture element).

La **risoluzione** di un'immagine è il numero di pixel che essa contiene.

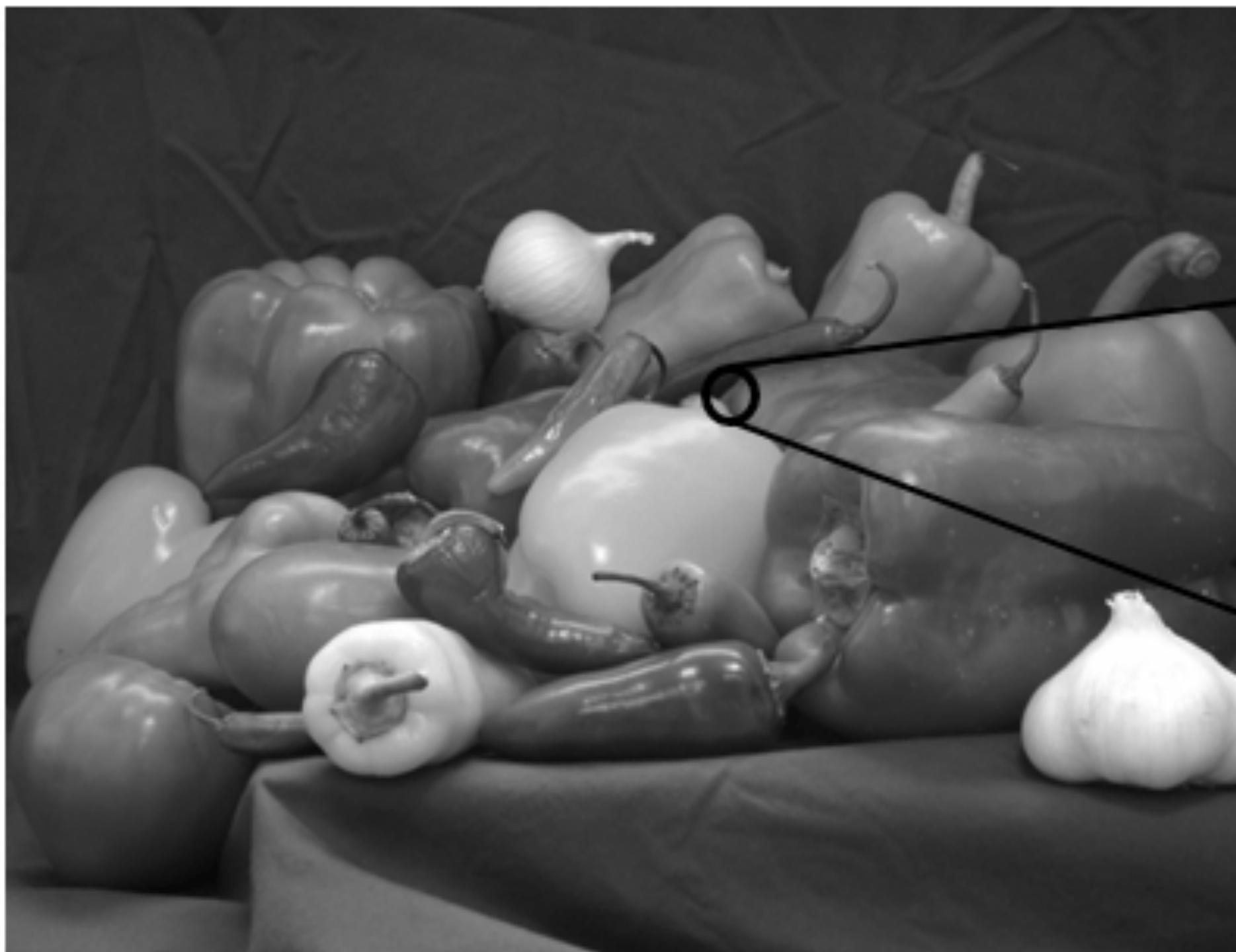
Per il computer, ogni pixel contiene uno o più valori numerici.

# Come vedono i computer?

In breve: per i computer le immagini sono matrici di numeri

Immagini in scala di grigi (*bianco e nero*):

**Ogni pixel è associato a un numero da 0 (nero) a 255 (bianco) a seconda del tono di grigio che contiene.**

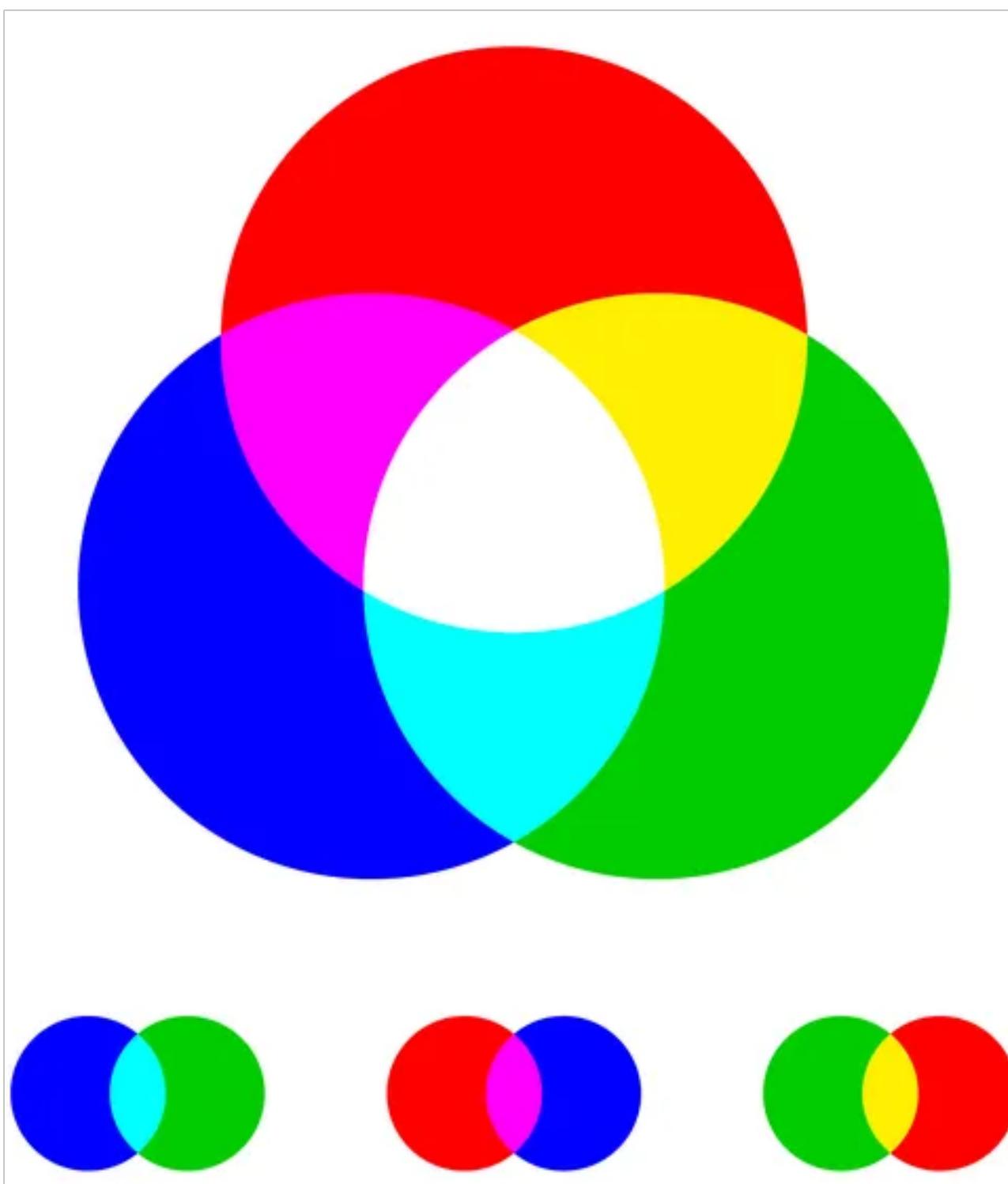


0.0000	0.1216	0.1255	0.1059	0.0811
0.1176	0.1176	0.1137	0.1059	0.1059
0.2902	0.1020	0.1020	0.1059	0.1059
0.6235	0.1490	0.0980	0.0902	0.0941
0.6941	0.5020	0.4196	0.2941	0.1608
0.7451	0.6392	0.6431	0.6510	0.5294
0.6863	0.7255	0.6667	0.6353	0.6510
0.71	0.6824	0.7137	0.6863	0.6353
0.6980	0.6784	0.7373	0.7373	0.7020
0.7255	0.7176	0.7176	0.7090	0.7216

# Come vedono i computer?

In breve: per i computer le immagini sono matrici di numeri

Immagini a colori:



**Modello di colori RGB (Red Green Blue)**  
di tipo additivo: tutti i colori si ottengono  
dalla somma (pesata) dei tre colori primari.

**Ogni pixel contiene 3 valori compresi tra 0 e 255**, che rappresentano la quantità di rosso, verde e blu contenuta nel colore corrispondente.

# Come vedono i computer?

In breve: per i computer le immagini sono matrici di numeri

Immagini a colori:



.392	.482	.576
.478	.63	.169
.580	.79	.263
.373	.60	.376
.443	.569	.674

# Cosa sono le GPU?

## Unità di elaborazione grafica (Graphical Processing Units)

Componenti hardware specializzate nella parallelizzazione delle computazioni, ovvero nell'eseguire operazioni diverse contemporaneamente.



# Cosa sono le GPU?

## Unità di elaborazione grafica (Graphical Processing Units)

Componenti hardware specializzate nella parallelizzazione delle computazioni, ovvero nell'eseguire operazioni diverse contemporaneamente.



Il tempo di addestramento di una rete neurale è direttamente proporzionale al numero di dati utilizzati.

# Cosa sono le GPU?

## Unità di elaborazione grafica (Graphical Processing Units)



Componenti hardware specializzate nella parallelizzazione delle computazioni, ovvero nell'eseguire operazioni diverse contemporaneamente.

Il tempo di addestramento di una rete neurale è direttamente proporzionale al numero di dati utilizzati.

Solitamente, più dati si hanno meglio è.

# Cosa sono le GPU?

## Unità di elaborazione grafica (Graphical Processing Units)



Componenti hardware specializzate nella parallelizzazione delle computazioni, ovvero nell'eseguire operazioni diverse contemporaneamente.

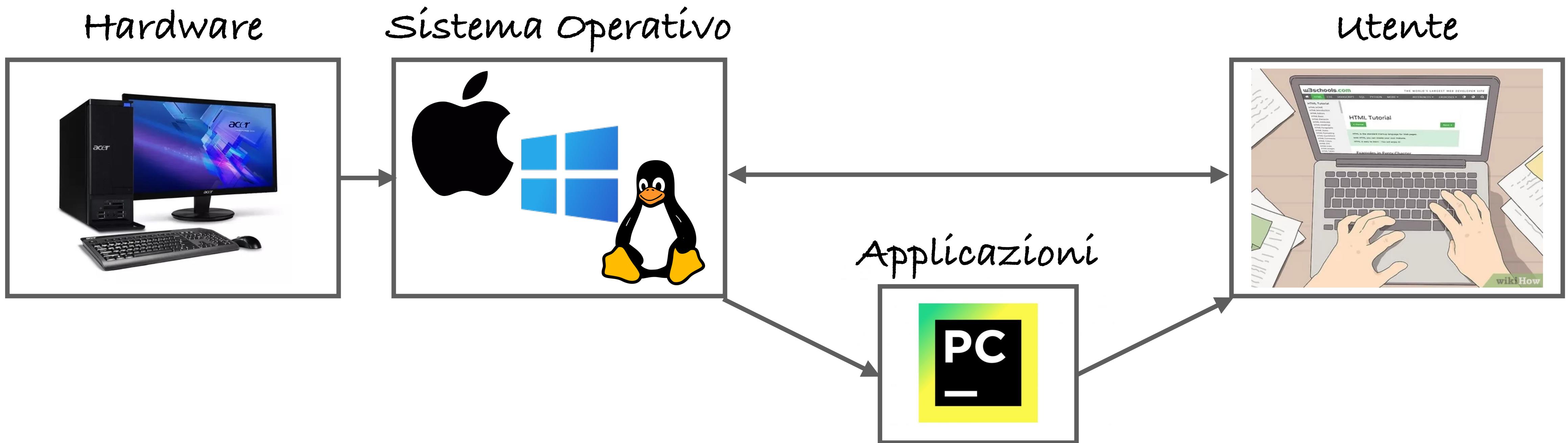
Il tempo di addestramento di una rete neurale è direttamente proporzionale al numero di dati utilizzati.

Soltamente, più dati si hanno meglio è.

Parallelizzare i calcoli eseguiti da ciascun neurone tramite GPU riduce notevolmente il tempo di addestramento della rete.

# Perché utilizziamo Linux?

Il **sistema operativo** è un programma che agisce da interfaccia tra l'utente che usa il computer e il computer stesso (inteso come hardware), al fine di controllare l'esecuzione dei programmi.



# Perché utilizziamo Linux?

Il **sistema operativo** è un programma che agisce da interfaccia tra l'utente che usa il computer e il computer stesso (inteso come hardware), al fine di controllare l'esecuzione dei programmi.

**Linux**, ed in particolare Ubuntu che è una sua distribuzione, è il **sistema operativo più usato per fare machine learning**:



- È portatile: lo stesso ambiente funziona sia su device molto piccoli (internet of things) che molto grandi (supercomputer);
- È veloce e snello;
- Ha un terminale di facile accesso ed utilizzo;
- Permette di accedere alla GPU in modo diretto;
- È diventato lo standard, quindi è molto facile trovare online la soluzione alla maggior parte dei problemi!