

A surreal illustration of a submarine inside a cathedral. The submarine is positioned in the lower center, facing right, with its conning tower and a large blue light at the front. The cathedral's interior is filled with tall, ornate columns and a large, colorful stained-glass window at the far end. The scene is bathed in a blue, ethereal light, and several small fish are visible swimming around the submarine.

# Per imparare bisogna sbagliare

## Alla scoperta del Reinforcement Learning



**UNIVERSITÀ  
DI TRENTO**

Dipartimento di Matematica  
Laboratorio di comunicazione storia e filosofia della matematica

**MUSE**



Cosa hanno in comune? In che modo *imparano*?



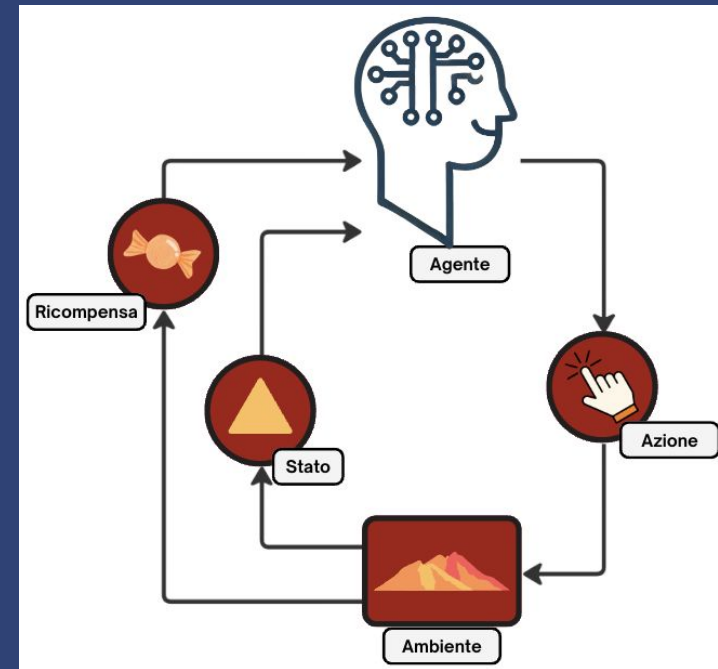
Cosa hanno in comune? In che modo *imparano*?



- interagiscono con l'ambiente circostante, modificandolo
- imparano dalle proprie esperienze e dagli errori
- cercano di capire le azioni più efficienti
- ...

Questo si chiama **apprendimento per rinforzo**  
o reinforcement learning

Si ha un **agente** che opera e interagisce con un **ambiente** attraverso una scelta di **azioni** che permettono di modificare il proprio **stato** e ottenere delle **ricompense**, cioè dei feedback positivi o negativi.

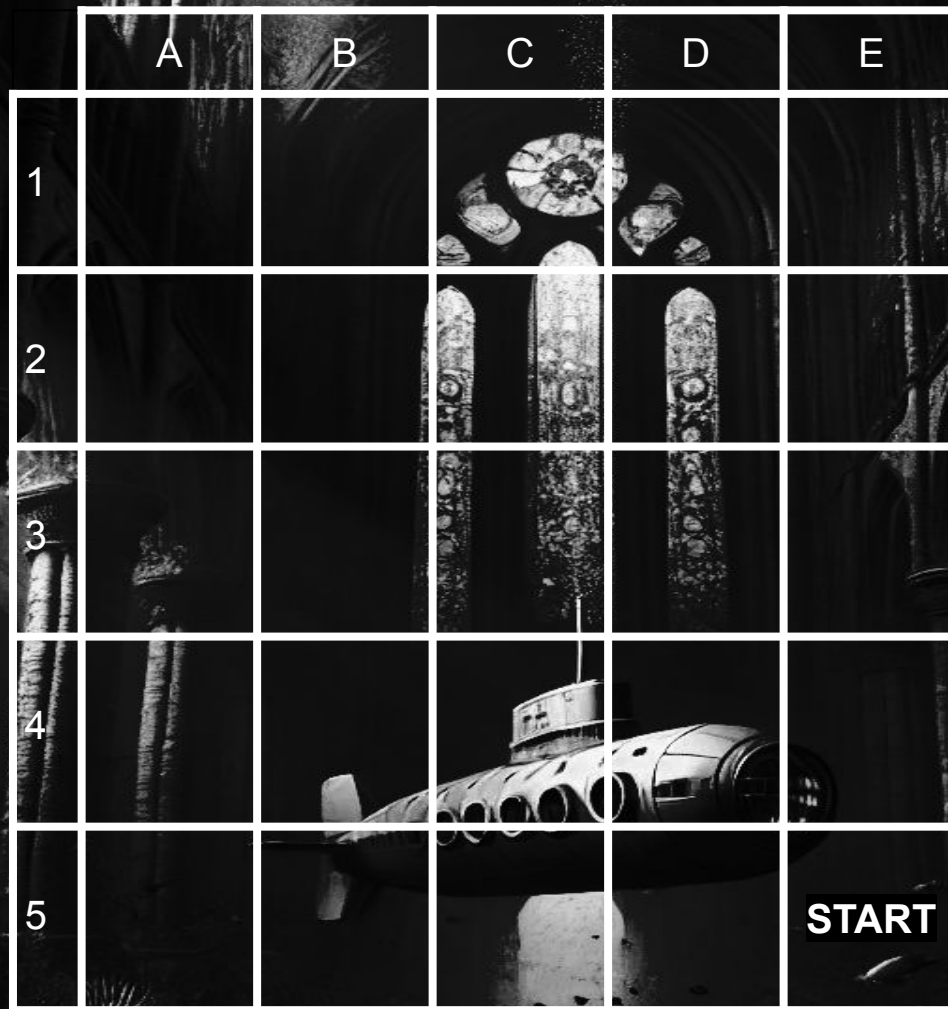




È il 3024 e la città di Genova è sepolta dalle acque.  
Nei fondali marini si trova un tesoro,  
la **Margherita di Bramante** di **Giovanni Pisano**  
nascosto in una vecchia chiesa gotica,  
la più grande della città.  
Aiutateci a ritrovarla!



# Ambiente



# Regole

1

Dividetevi in squadre (massimo 6 persone)

2

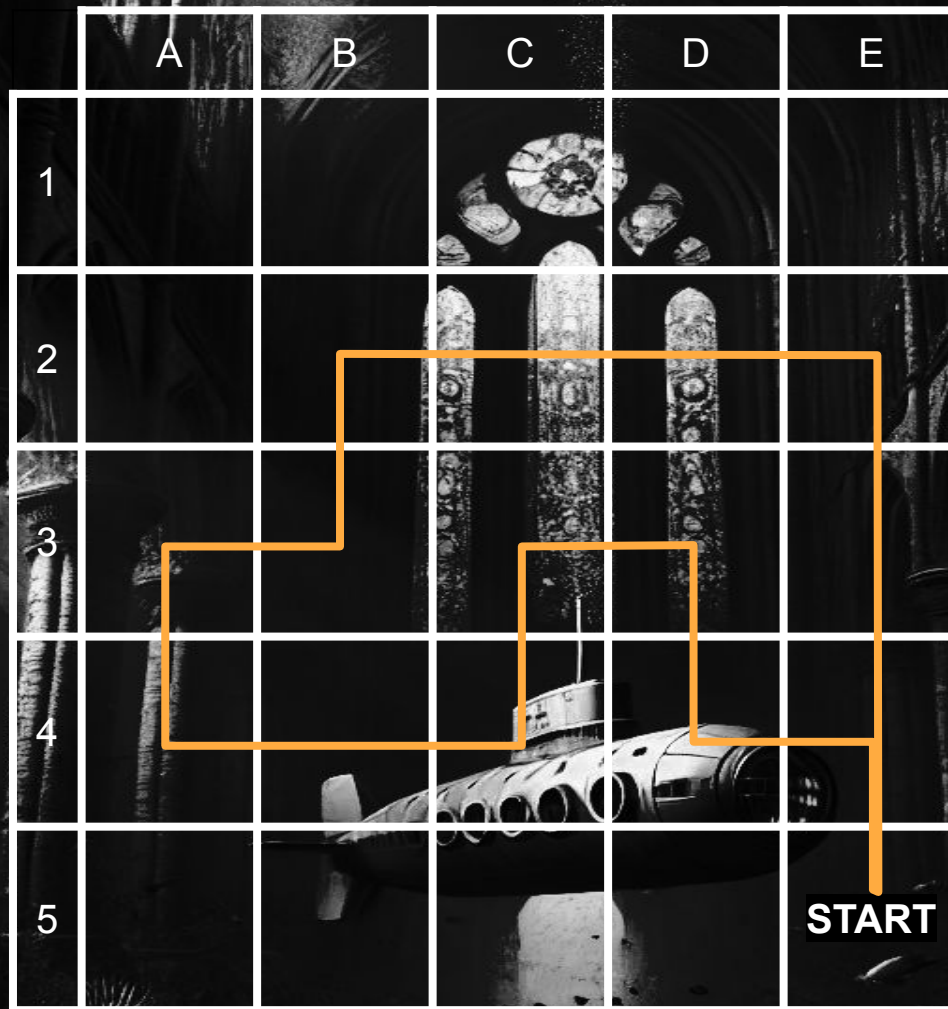
Il gioco è composto da più episodi:  
in ogni episodio, un giocatore per squadra  
si muoverà sulla griglia

3

Ci si può muovere a destra, sinistra, avanti e  
indietro, senza mai uscire dalla griglia



# Ambiente





# Regole

4

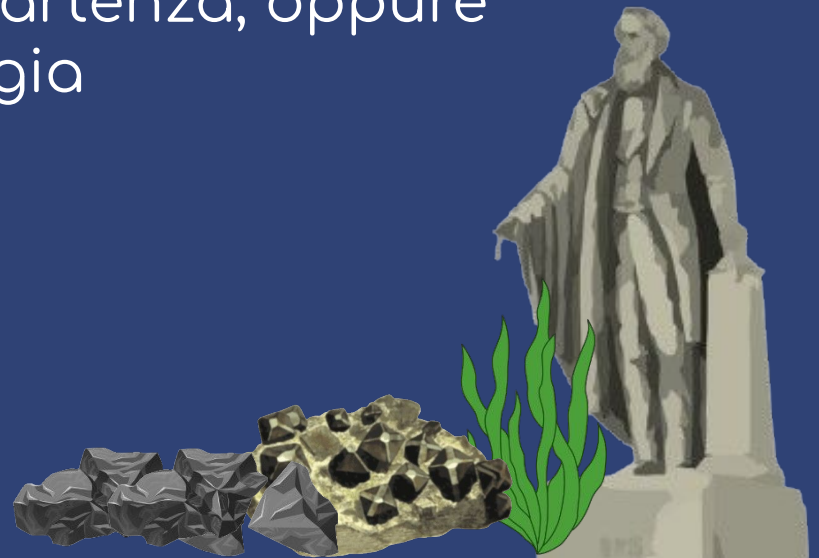
Ogni episodio, si inizia con **20 punti energia**

5

Ad ogni passo del vostro cammino perderete punti energia: il numero di punti persi dipenderà dagli ostacoli che incontrerete

6

L'episodio termina quando:  
1. tornate al punto di partenza, oppure  
2. esaurite i punti energia



# Ostacoli



Acqua  
- 1 pt. energia



Alghe  
- 2 pt.

# Ostacoli



Rovine  
- 2 pt.

e inoltre non si possono attraversare  
cioè si torna alla casella precedente



# Il tesoro



Angelo DX



Regina



Angelo SX

-1 pt. energia

# Feedback

Alla fine dell'episodio,  
il punteggio ottenuto è calcolato con la formula:

$$\begin{array}{c} \text{pt. energia rimasti} \\ + \\ \text{bonus statue trovate} \end{array}$$

se non siete riusciti a tornare al punto di partenza  
c'è un ulteriore malus di -20 pt.

# Il tesoro



Angelo DX  
10 pt. bonus



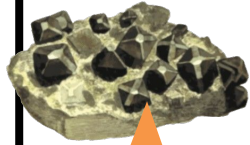

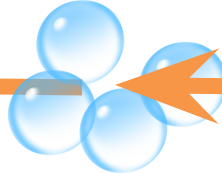

Regina  
20 pt. bonus



Angelo SX  
15 pt. bonus



A	B	C	D	E
---	---	---	---	---

3					
4					
5					<b>START</b>

percorso: E1 - E4 - E3 - D4 - C4 - ...

energia: 20 - 18 - 16 - 15 - 14 - ...

Buona ricerca!



# Come è andata?

- Qual è stato il percorso migliore che avete trovato?
- Dopo quanti episodi siete riusciti ad arrivare al risultato migliore?
- Come avete ragionato per arrivare all'obiettivo?

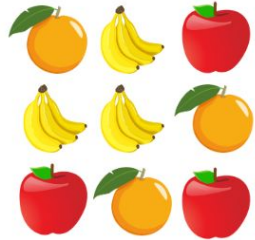
	A	B	C	D	E
1	rovine -2	<i>angelo dx</i> -1	acqua -1	acqua -1	rovine -2
2	rovine -2	acqua -1	rovine -2	<i>angelo sx</i> -1	rovine -2
3	alghe -2	acqua -1	acqua -1	alghe -2	acqua -1
4	acqua -1	rovine -2	acqua -1	acqua -1	rovine -2
5	<i>regina</i> -1	alghe -2	alghe -2	acqua -1	<b>START</b>



# Come imparano le macchine?

## Apprendimento supervisionato

**Input data set**



**Etichette**



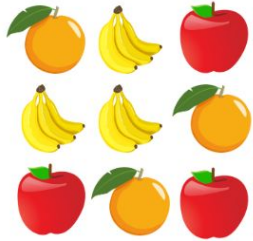
**Modello di  
supervised learning**



# Come imparano le macchine?

## Apprendimento supervisionato

**Input data set**



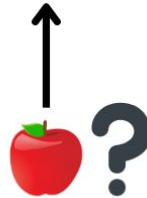
**Etichette**



**Modello di supervised learning**



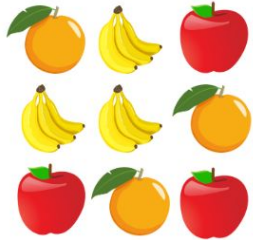
**Predizione**



# Come imparano le macchine?

## Apprendimento supervisionato

**Input data set**



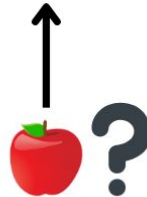
**Etichette**



**Modello di supervised learning**



**Predizione**

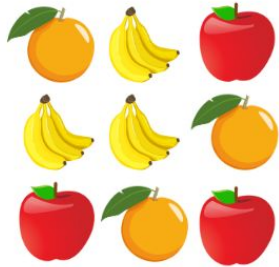




# Come imparano le macchine?

Apprendimento non supervisionato

Input data set

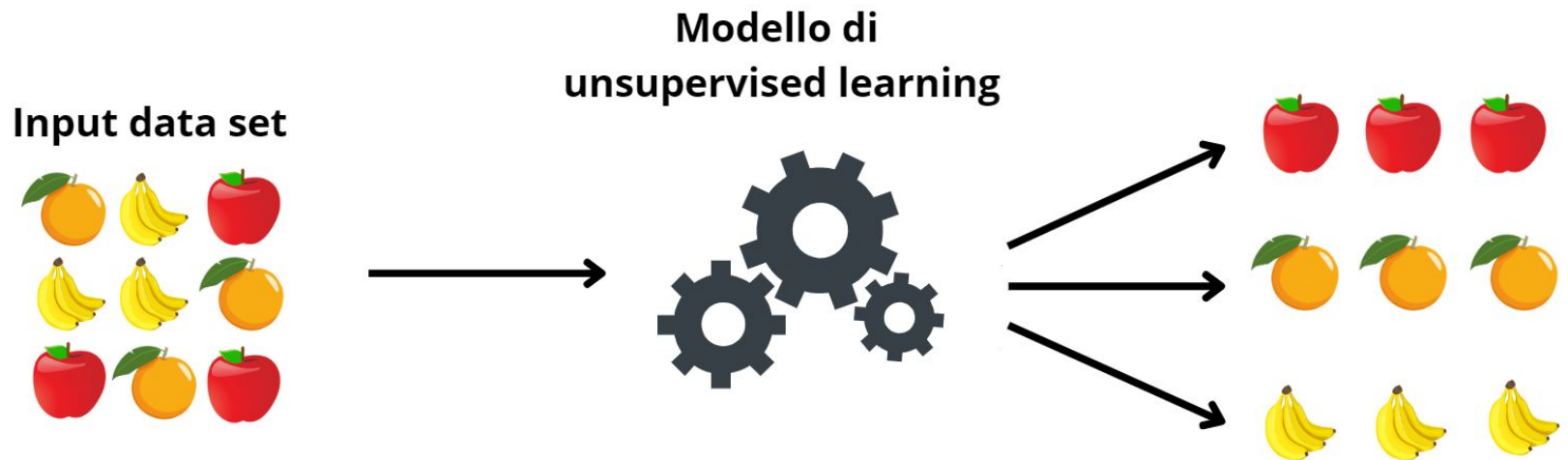


Modello di  
unsupervised learning



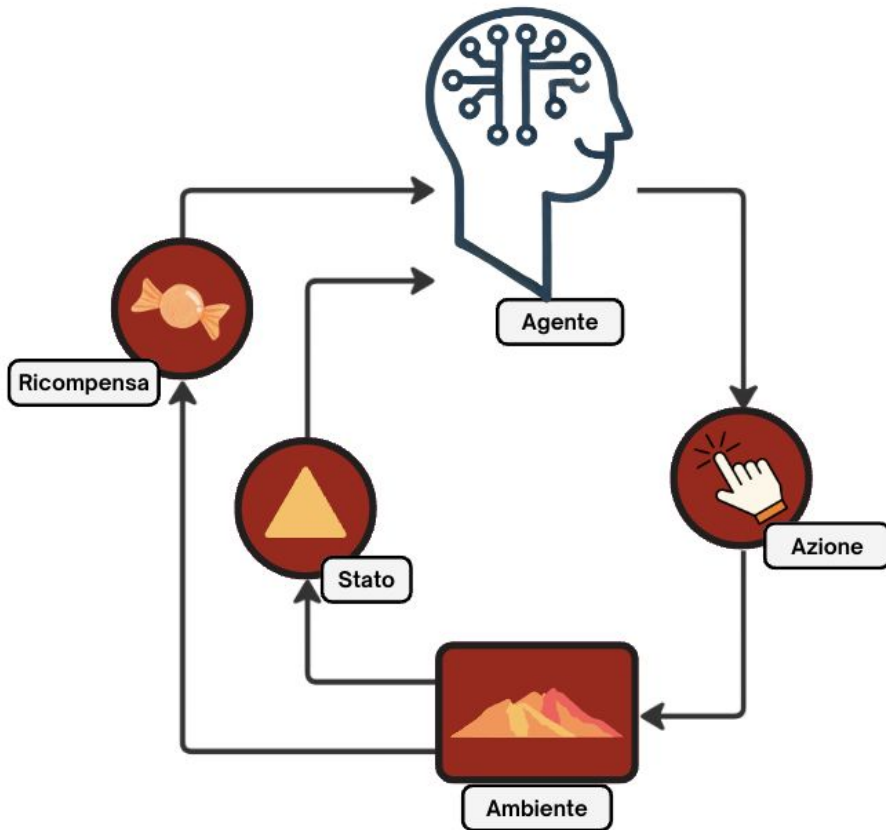
# Come imparano le macchine?

Apprendimento non supervisionato



# Come imparano le macchine?

## Apprendimento per rinforzo



Branca dell'intelligenza artificiale e del machine learning che si ispira al modo in cui gli esseri umani e gli animali imparano.

In particolare, a differenza degli altri metodi, impara dall'esperienza e dagli errori.



# Come imparano le macchine?

## Apprendimento per rinforzo

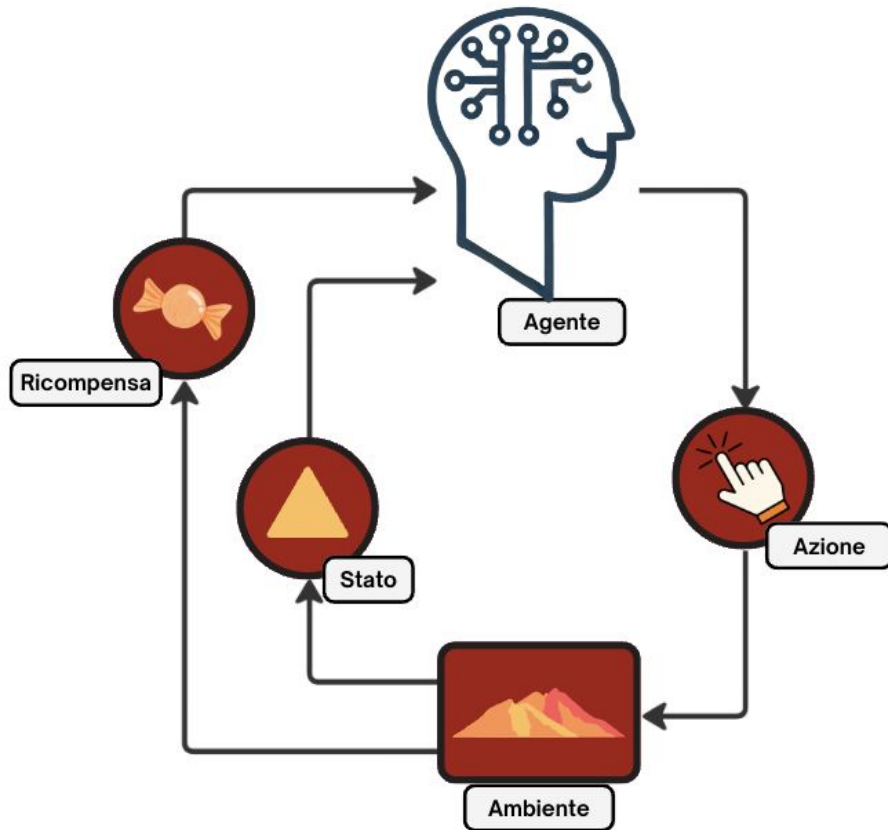
Le parole chiave:

**agente**

Un'entità (come un robot o un programma) che prende decisioni

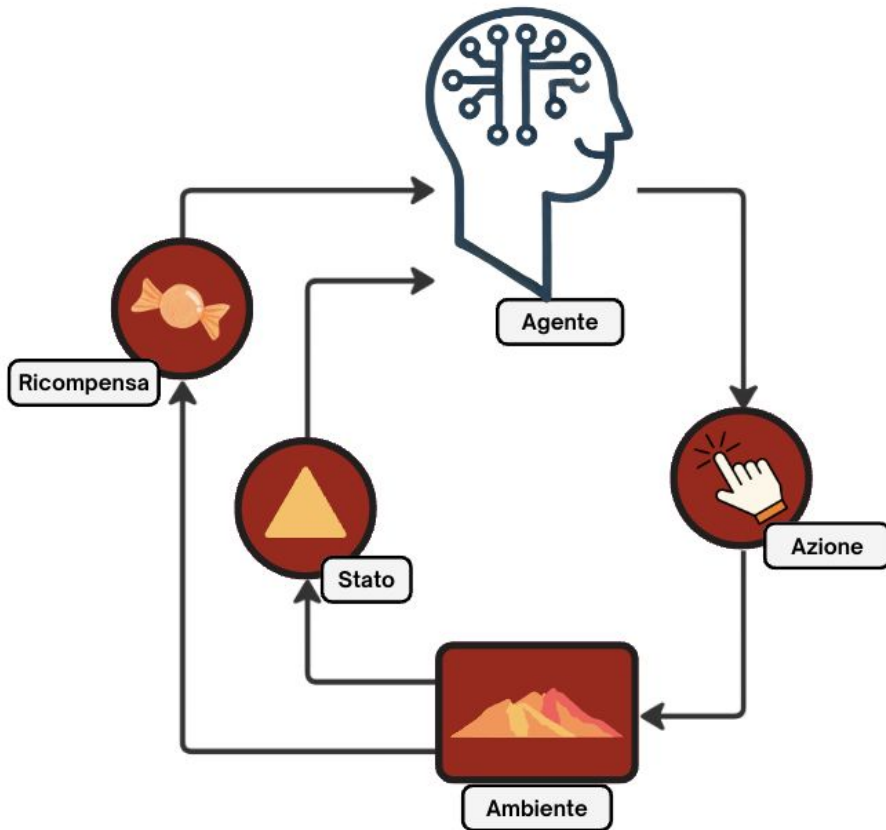
**ambiente**

Il mondo in cui l'agente opera e con il quale interagisce



# Come imparano le macchine?

## Apprendimento per rinforzo



Le parole chiave:

**azioni**

le scelte che l'agente può fare.

**stati**

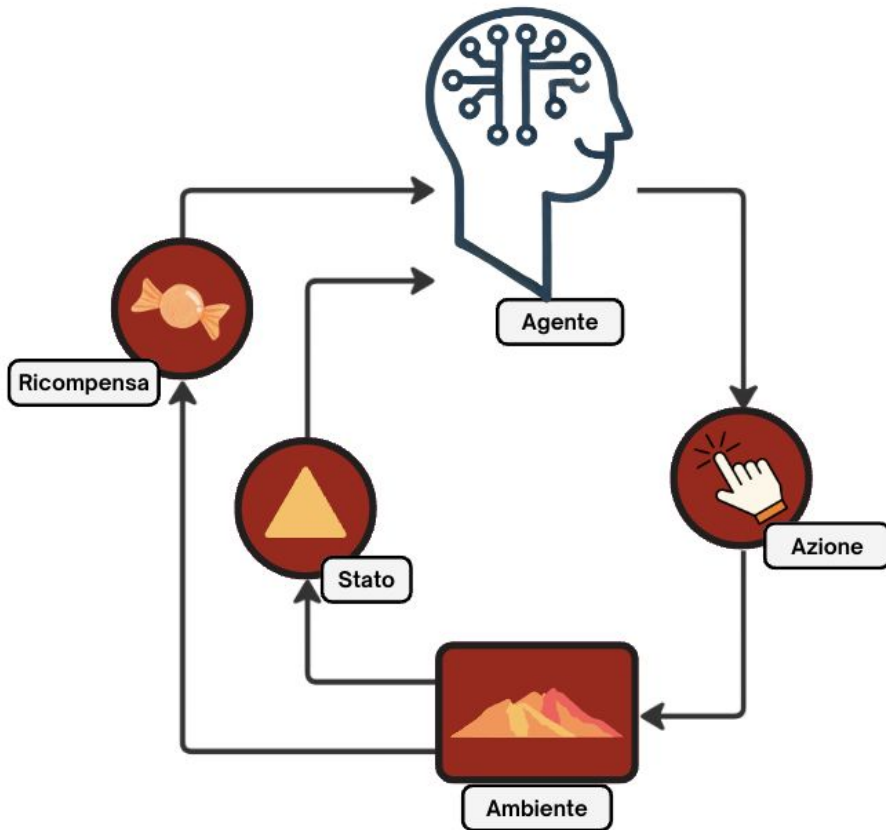
le situazioni in cui l'agente si trova.

**ricompense**

feedback positivi o negativi che l'agente riceve dopo ogni azione

# Come imparano le macchine?

## Apprendimento per rinforzo



L'agente impara a prendere le decisioni migliori attraverso un processo di prova ed errore, cercando di massimizzare le ricompense nel lungo termine.

Un ruolo cruciale è svolto dalla **funzione ricompensa**. Questa è scelta dal progettista e deve essere tale da stimolare l'agente ad arrivare all'obiettivo voluto.

# Il ruolo del progettista (cioè, dove sta la matematica)

Chi progetta un sistema di reinforcement learning ha un ruolo cruciale, soprattutto nella definizione della funzione di ricompensa.

1. **Definizione degli obiettivi.** Deve tradurre gli obiettivi desiderati in una funzione di ricompensa appropriata.
2. **Bilanciamento delle ricompense.** Deve decidere il peso relativo di diverse azioni o risultati.
3. **Prevenzione di comportamenti indesiderati.** Una funzione di ricompensa mal progettata potrebbe portare l'agente a trovare "scorciatoie" non previste per massimizzare la ricompensa.
4. **Considerazioni etiche.**

Esempio: Per un'auto a guida autonoma, il modello dovrebbe bilanciare fattori come velocità, sicurezza e comfort dei passeggeri.



# Alcune applicazioni ed esperimenti

## - Giochi -



SuperMario Bros



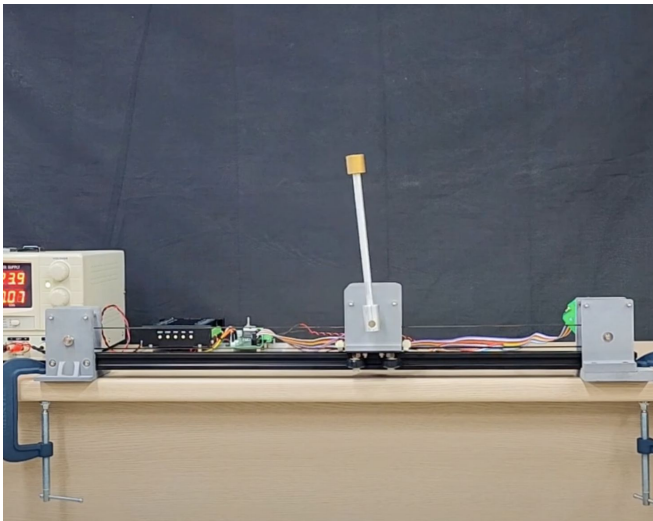
Nascondino



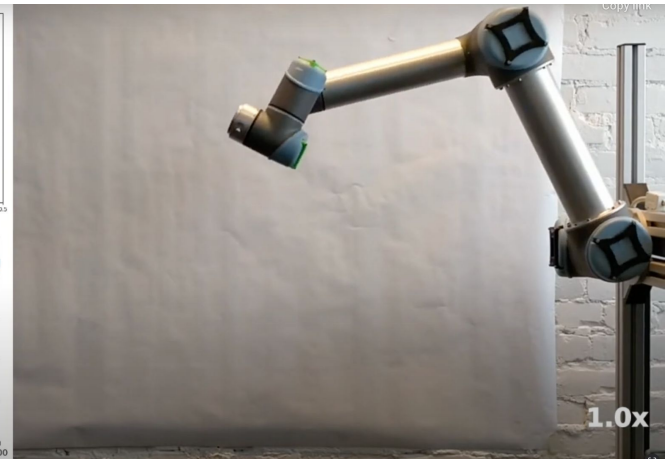
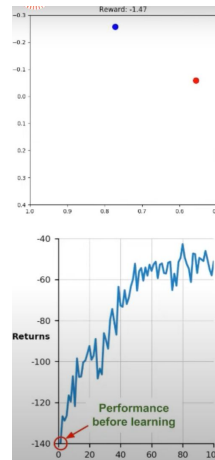
AlphaGo

# Alcune applicazioni ed esperimenti

## - Robotica -



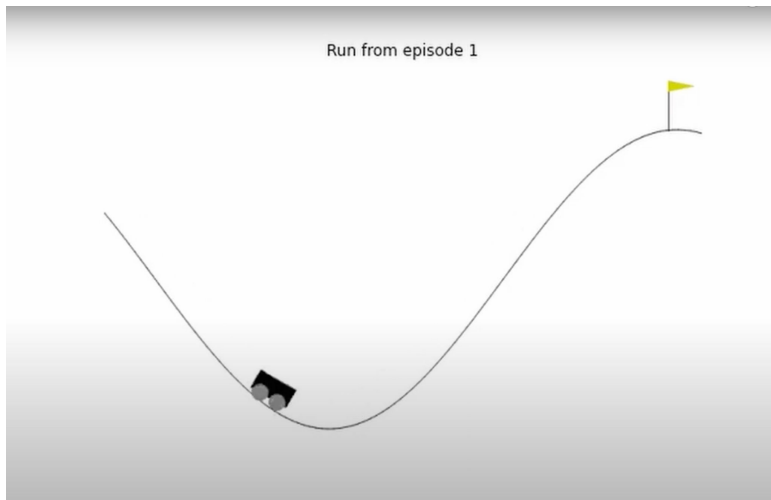
Pendolo invertito



Braccia robotiche

# Alcune applicazioni ed esperimenti

## - Guida automatica -



Il problema della  
macchina di montagna



Parcheggio  
automatico