

## L'Intelligenza Artificiale e la Società del Futuro



Giorgio Buttazzo



Scuola Superiore Sant'Anna

1

## L'obiettivo dell'I.A.



Sin dalla nascita dei computer, l'uomo ha cercato di comprendere la mente umana, al fine di replicare e automatizzare il pensiero:

- Classificare oggetti
- Riconoscere suoni e immagini
- Comprendere il linguaggio
- Risolvere problemi
- Apprendere dall'esperienza

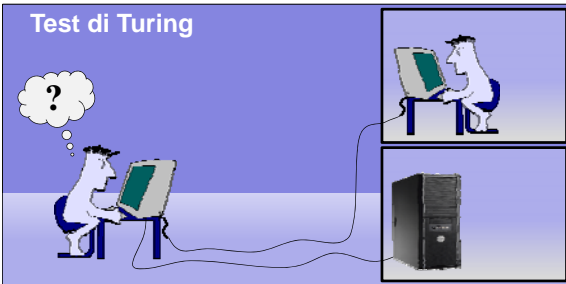
2

## L'obiettivo dell'I.A.



Creare un computer in grado di comunicare in linguaggio naturale, "indistinguibile" dall'uomo.

### Test di Turing



3

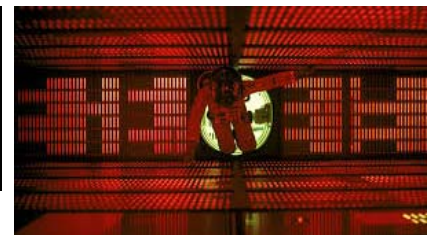
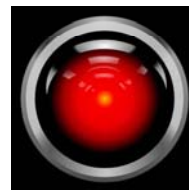
## Il sogno dell'I.A.



Il prototipo di calcolatore intelligente negli anni 60:

HAL 9000

2001 Odissea nello spazio (1968)



4

## Applicazioni classiche



- **Giochi di strategia**
  - Scacchi, Master Mind, Go
- **Riconoscimento di testi**
  - Analisi sintattica e semantica
- **Dimostrazione di teoremi**
  - Ragionamento logico
- **Sistemi Esperti**
  - Diagnosi mediche, previsioni meteo

5

## Il più noto successo dell'I.A.



11 Maggio 1997 – ore 19:00 GMT

Deep blue

3.5 – 2.5


Kasparov




6

## Dilemma


I metodi dell'I.A. funzionano benissimo per:



Ricerche di dati




Comprensione di testi




Giochi

Ma incontrarono enormi difficoltà nel replicare:



Percezione sensoriale




Coordinamento senso-motorio

7

## Compiti difficili

Sebbene un PC può battere il campione del mondo di scacchi, il computer più potente al mondo non è in grado di competere con un bimbo di 3 anni nel




Riconoscimento di volti



Riconoscimento del parlato

Controllo delle interazioni



8

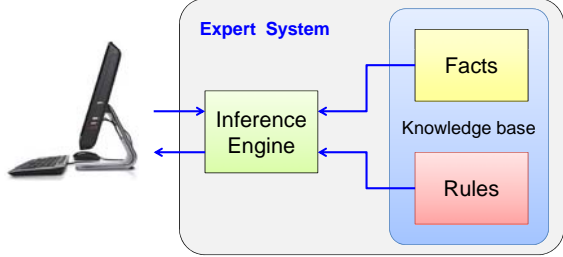
## Fallimento dell'I.A. classica



9

## Approccio classico

L'approccio classico consiste nel definire un insieme di fatti e regole, e usare un motore inferenziale per combinarli per risolvere il problema:



10

## Riconoscimento di caratteri

7 7 7 7 7 7

8 8 8 8 8 8

9 9 9 9 9 9

0 0 0 0 0 0

Affrontare il riconoscimento di caratteri con una serie di regole è una battaglia persa:

IF (è presente un cerchietto in alto) AND  
(è presente una linea verticale a destra)

THEN "è un 9"

Il numero di regole esplode rapidamente per tener conto di un'infinità di casi possibili.

11

## Coordinamento motorio

La stessa cosa vale per altri problemi come:

- Presa di oggetti
- Manipolazione fine
- Controllo dell'equilibrio

Il numero di possibili situazioni (stati sensoriali) da considerare è **enorme** e **non enumerabile**.

12

**Il problema**

I problemi reali contengono **troppi dettagli** che non possono essere formalizzati da un insieme di regole

↓

Essi devono essere **appresi** attraverso l'**esperienza**

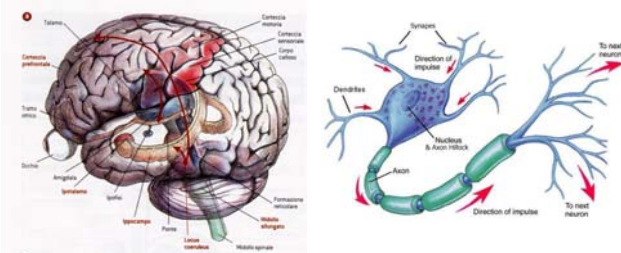
↓

**Una mente necessita di un corpo!**

13

**L'approccio neurale**

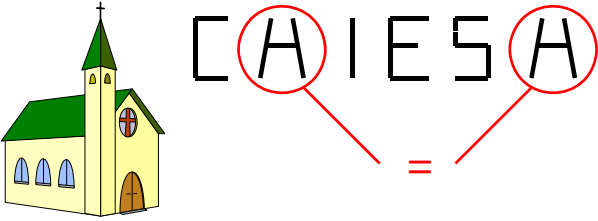
Le enormi difficoltà incontrate nel risolvere tali problemi hanno spinto i ricercatori a studiare il cervello e in generale l'approccio neurale:



14

**Percezione sensoriale**

Il cervello riconosce in modo associativo e contestuale:

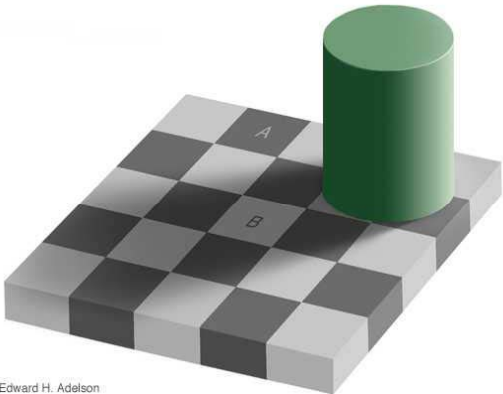


15

PERA E MELA

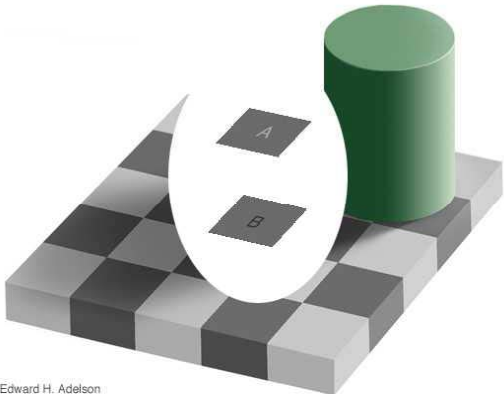
BARBA E BAFEL

16



Edward H. Adelson

17



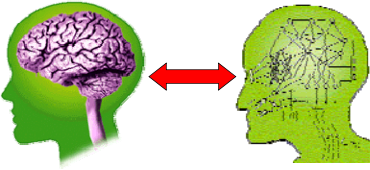
Edward H. Adelson

18

## Reti neurali artificiali

Lo studio del cervello ha permesso di sviluppare **reti neurali artificiali** in grado di

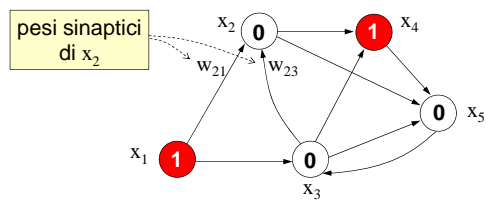
- realizzare **memorie associative**
- **Riconoscere** suoni e immagini
- **Classificare** stimoli sensoriali
- **Apprendere**: ossia modificare il proprio comportamento in base all'esperienza.



19

## Rete Neurale

E' un insieme di neuroni collegati tra loro attraverso dei pesi sinaptici, eccitatori ( $> 0$ ) o inibitori ( $< 0$ ):

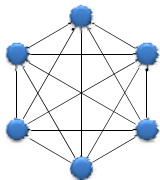


**Stato di un neurone** = valore della sua uscita (es:  $x_2 = 0$ )  
**Stato della rete** = insieme dei valori di uscita dei neuroni  
 $X = (1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0)$

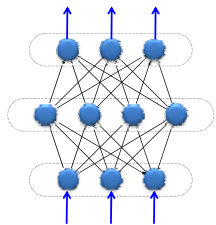
20

## Tipologie di Rete Neurale

Possiamo distinguere due tipi di reti neurali:



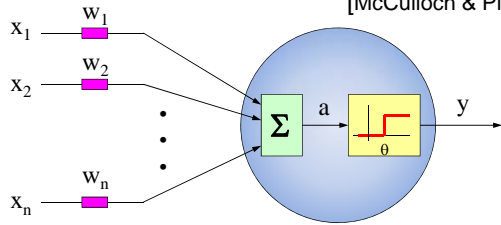
Completamente connessa



Multi-strato

## Il neurone binario a soglia

[McCulloch & Pitts, 1943]



attivazione:  $a = \sum_i w_i x_i$


funzione di uscita:  $y = \begin{cases} 1 & \text{se } a > \theta \\ 0 & \text{altrimenti} \end{cases}$

## Apprendimento

L'**apprendimento** non modifica il funzionamento dei neuroni ma la conducibilità delle sinapsi.

La scoperta di Hebb (1949):

*“Quando un neurone A contribuisce ad eccitare ripetutamente un neurone B, si attiva un processo metabolico che aumenta l'efficienza della comunicazione tra essi.”*

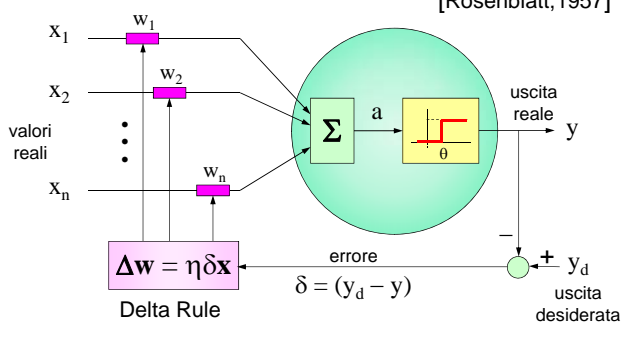


Donald Hebb

23

## Il Perceptron

[Rosenblatt, 1957]



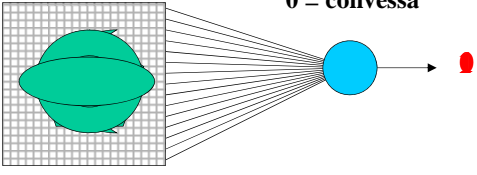
Delta Rule

24

## Rosenblatt's Experiment

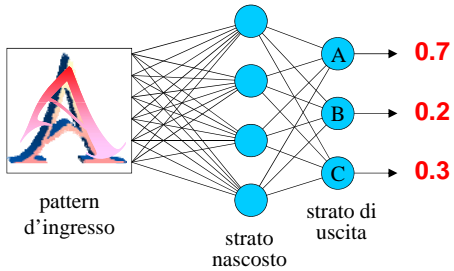
Rosenblatt mostrò che un perceptron è in grado di apprendere a classificare vari tipi di forme, come distinguere tra forme concave e convesse:

1 = concava  
0 = convessa



The diagram shows a green concave shape on a grid. Lines connect the shape to a single blue neuron. The neuron outputs a red dot, representing the classification result.

## Riconoscitore di caratteri



pattern d'ingresso

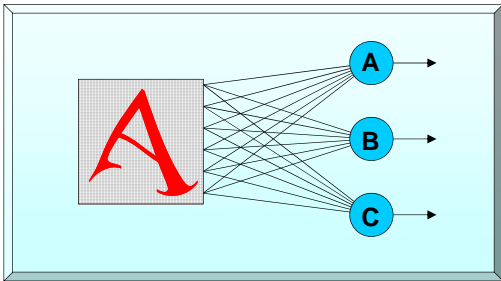
strato nascosto

strato di uscita

A → 0.7  
B → 0.2  
C → 0.3

The diagram shows a neural network with an input layer (pattern d'ingresso), a hidden layer (strato nascosto), and an output layer (strato di uscita). The output layer has three nodes labeled A, B, and C, with corresponding probabilities: 0.7, 0.2, and 0.3.

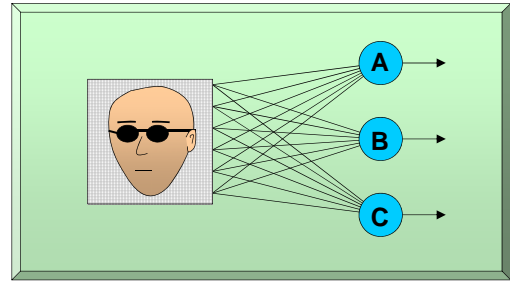
## Riconoscitore di caratteri



A →  
B →  
C →

The diagram shows a neural network with an input layer (pattern d'ingresso) and an output layer (strato di uscita). The output layer has three nodes labeled A, B, and C.

## Riconoscitore di volti



A →  
B →  
C →

The diagram shows a neural network with an input layer (face) and an output layer (strato di uscita). The output layer has three nodes labeled A, B, and C.

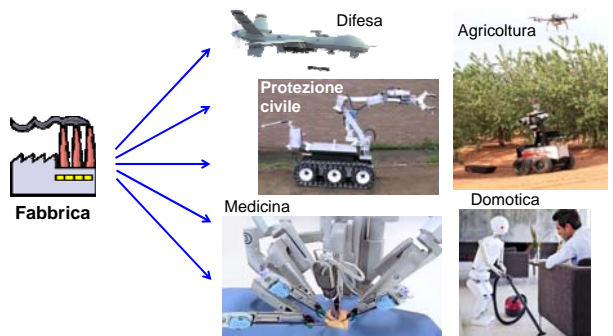
## I.A. e Robotica

L'intelligenza Artificiale si è evoluta grazie anche ai progressi della robotica, che

- ha generato **nuovi problemi**
- ha permesso di sperimentare i metodi su sistemi complessi che interagiscono con il **mondo reale**.

## Evoluzione dei robot

Negli ultimi anni, i robot sono usciti dalla fabbrica e hanno fatto la comparsa in numerosi settori applicativi:



Fabbrica

Difesa

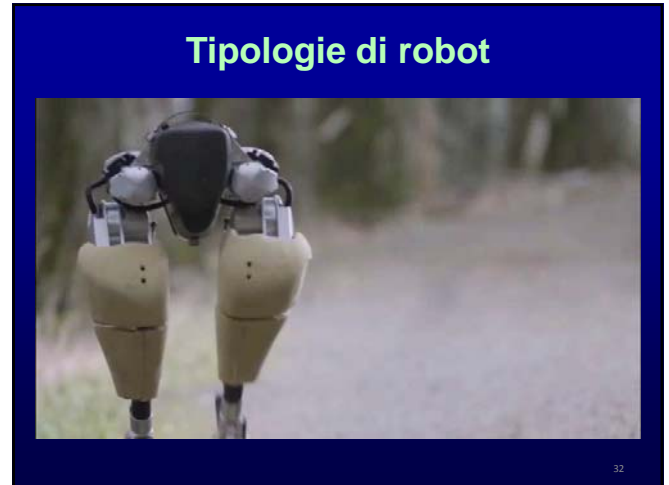
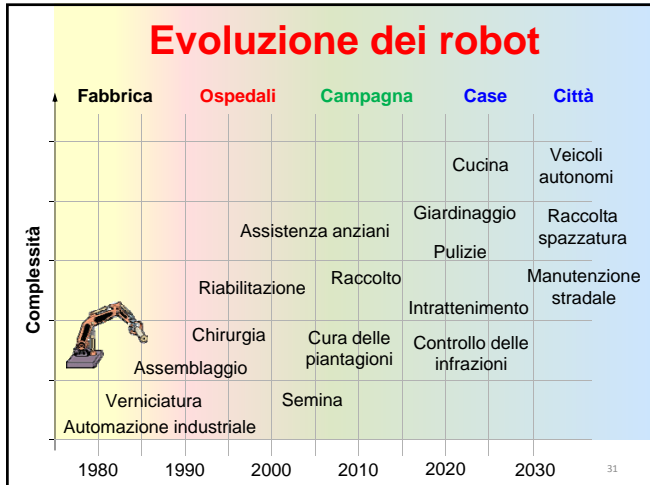
Protezione civile

Medicina

Domotica

Agricoltura

The diagram shows a factory icon on the left, with arrows pointing to five application sectors: Difesa (military), Protezione civile (civil protection), Agricoltura (agriculture), Medicina (medicine), and Domotica (home automation). Each sector is represented by a small image of a robot in that environment.



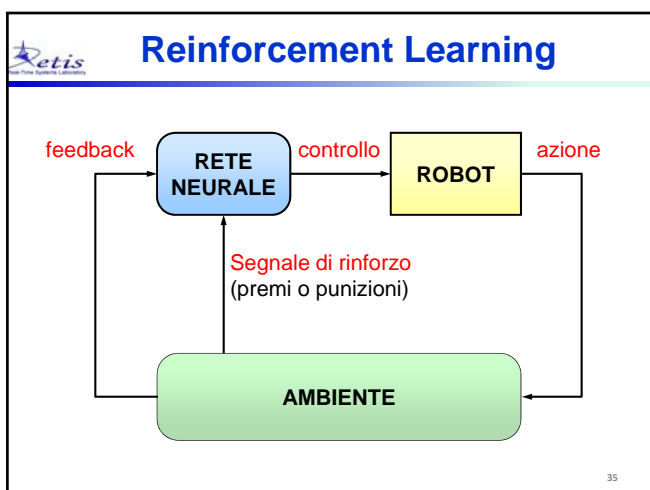
### Apprendere dai propri errori

Il paradigma supervisionato è molto potente, ma non è sufficiente per l'apprendimento di robot autonomi.

I robot autonomi hanno necessità di imparare autonomamente **dai propri errori**

↓

Reinforcement Learning



## Girare la frittata



37

## Apprendere a camminare



## Problemi approccio neurale

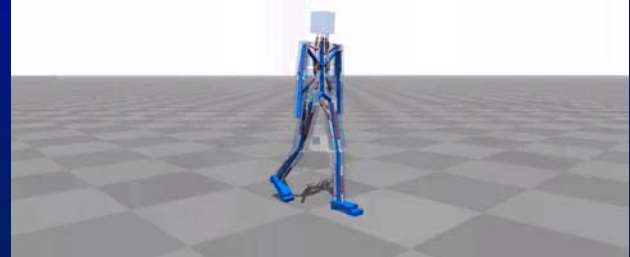
1. Accumulare esperienze diversificate richiede molto tempo, pertanto **l'apprendimento è molto lento**.
2. Inoltre, dopo una lunga serie di fallimenti e cadute, **il robot rischia di rompersi**.

Questi problemi possono essere risolti eseguendo l'apprendimento su una **simulazione del sistema fisico**, che è eseguita **più velocemente** e **senza rischi di rottura**.

39

## Learning by Simulation

We present a control system based on 3D muscle actuation



40

## Problemi approccio neurale

3. Il funzionamento di una rete neurale è **misterioso**: i pesi sinaptici si affinano durante l'apprendimento e **non è facile prevedere come la rete si comporterà**.

Chi si fiderebbe di un'auto autonoma basata su rete neurale?



41

## La rinascita delle reti neurali

Nel 2006 c'è stata una **rinascita delle reti neurali**, principalmente dovuta a 3 ragioni:

- Disponibilità di **algoritmi** per addestrare reti a molti strati.
- Disponibilità di **elevate capacità computazionali** grazie ai costi ridotti di processor grafici (GPU).
- Investimento da parte di grosse aziende (**Google, Microsoft, Facebook**) per analizzare **enormi quantità di dati**.

Tale rinascita ha portato allo sviluppo di nuovo paradigma di apprendimento, noto come "**Deep Learning**", per addestrare reti a molti strati chiamate "**Deep Networks**".

42

## Deep networks

Una **Deep Network** è una rete feedforward con più di 3 strati:

43

## Feature composition

I primi strati rilevano semplici caratteristiche dell'immagine, mentre gli strati finali costruiscono **astrazioni più complesse**:

44

## Feature composition

I primi strati rilevano semplici caratteristiche dell'immagine, mentre gli strati finali costruiscono **astrazioni più complesse**:

45

## Progressi dell'I.A.

Da qualche anno esiste una competizione, **ImageNet**, diverse reti neurali vengono messe alla prova sul riconoscimento visivo.

La gara si svolge in due fasi:

- **fase di addestramento**, alla rete vengono mostrate 1 milione di immagini classificate in 1000 diverse categorie;
- **fase di verifica**, alla rete viene chiesto di classificare 100.000 nuove immagini mai viste.

Poiché le immagini possono contenere oggetti multipli, la rete fornisce 5 risposte possibili.

46

## Esempio di immagine

47

## Alcuni risultati notevoli

Nel 2012, **Krizhevsky, Sutskever and Hinton (KSH)** hanno vinto la competizione con una rete neurale a 12 strati:

- # neuroni: 650,000
- # parametri: 60,000,000
- # connessioni: 630,000,000


**Risultato:** la rete KSH ha ottenuto un'accuratezza del **84.7%**, enormemente migliore della 2<sup>a</sup> classificata (**73.8%**).

48



## GoogLeNet

The ILSVRC-2014 Challenge was dominated by a Google team with a network called GoogLeNet.



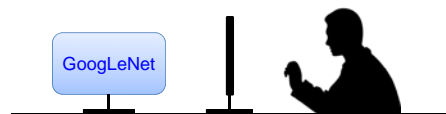
**Risultato:** GoogLeNet ha raggiunto un'accuratezza di 93.33%, un enorme miglioramento rispetto al passato:

- 2013 winner: Clarifai (88.3 %)
- 2012 winner: KSH (84.7 %)

49

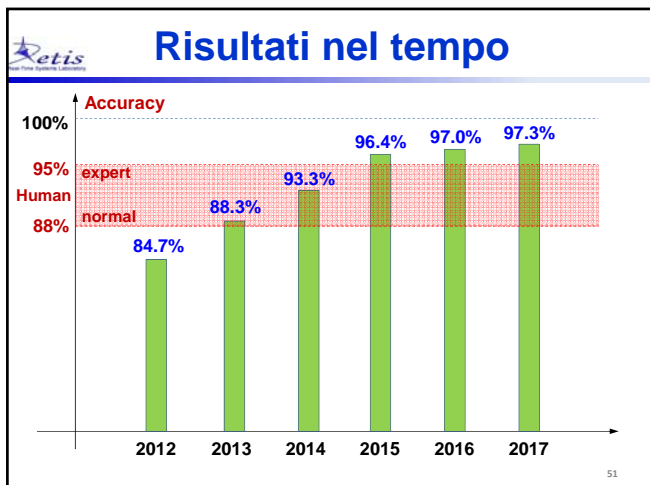
## Quanto è buono 93.33%?

Per valutare la bontà di tale risultato sono stati fatti diversi test con umani (esperti e non).



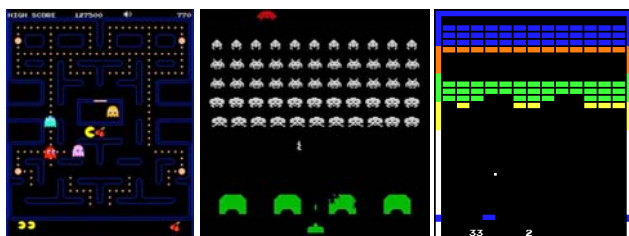
93.2      88.0 – 94.9  
normal – expert

50



## Deep RL

Nel 2010, un'azienda Britannica (DeepMind Technologies) ha utilizzato una rete neurale con Reinforcement Learning per apprendere a giocare ad alcuni videogiochi Atari.

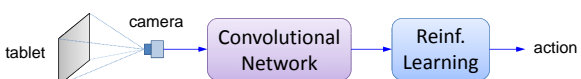


Pacman      Space Invaders      Breakout

52

## Deep RL

Una telecamera invia l'immagine dello schermo ad una deep network, la quale invia le uscite ad un'altra rete che fa uso di Reinforcement Learning per decidere le azioni da fare ("destra", "sinistra", "fuoco", ecc.)



Si noti che le regole del gioco non sono fornite alla rete!

La rete è riuscita ad imparare a giocare a 7 videogiochi, superando gli umani in tre di essi.

53

## Veicoli autonomi



BB8 sees the construction cones

54

## Robot umanoidi



55

## I.A. & Music



**AIVA** è una deep neural network dell'**Università di Vancouver** per comporre musica classica, sinfonica e colonne sonore.

E' stata addestrata con composizioni di autori come Mozart, Beethoven e Bach. Nel 2016, è stata iscritta come autore ad una società (tipo SIAE) che gestisce i diritti d'autore.

Op. 24 "I am AI"

AIVA (Artificial Intelligence Virtual Artist)

02:57



Aiva Technologies

www.aiva.ai

## Conclusioni



Le reti neurali hanno raggiunto risultati paragonabili alle capacità umane nei seguenti campi:

- riconoscimento di immagini
- riconoscimento vocale
- composizione musicale

Nel futuro verranno utilizzate in diverse applicazioni:

- Guida di veicoli autonomi
- Controllo di robot
- Decisioni economiche
- Previsioni di eventi (guasti, anomalie, terremoti)

57

## Domande



- Esiste un limite all'evoluzione di un'intelligenza artificiale?
- Può una rete complessa diventare autocosciente?
- Se sì, quali sono le conseguenze per l'umanità?
- Nel futuro, l'I.A. comporta vantaggi o rischi per l'uomo?
- E' possibile verificare la coscienza?
- E' possibile trasferire la mente su un supporto artificiale?
- Se sì, quali sarebbero i benefici per l'uomo?

Lo vedremo nella prossima puntata ...

58