

Possono le macchine comprendere l'arte?

Gennaro Vessio

gennaro.vessio@uniba.it

La nostra percezione estetica

Quando ci soffermiamo a guardare un'opera d'arte, percepiamo, spesso inconsciamente:

- armonia
- unità
- varietà
- contrasto
- proporzioni
- contenuto
- contesto storico
- ...

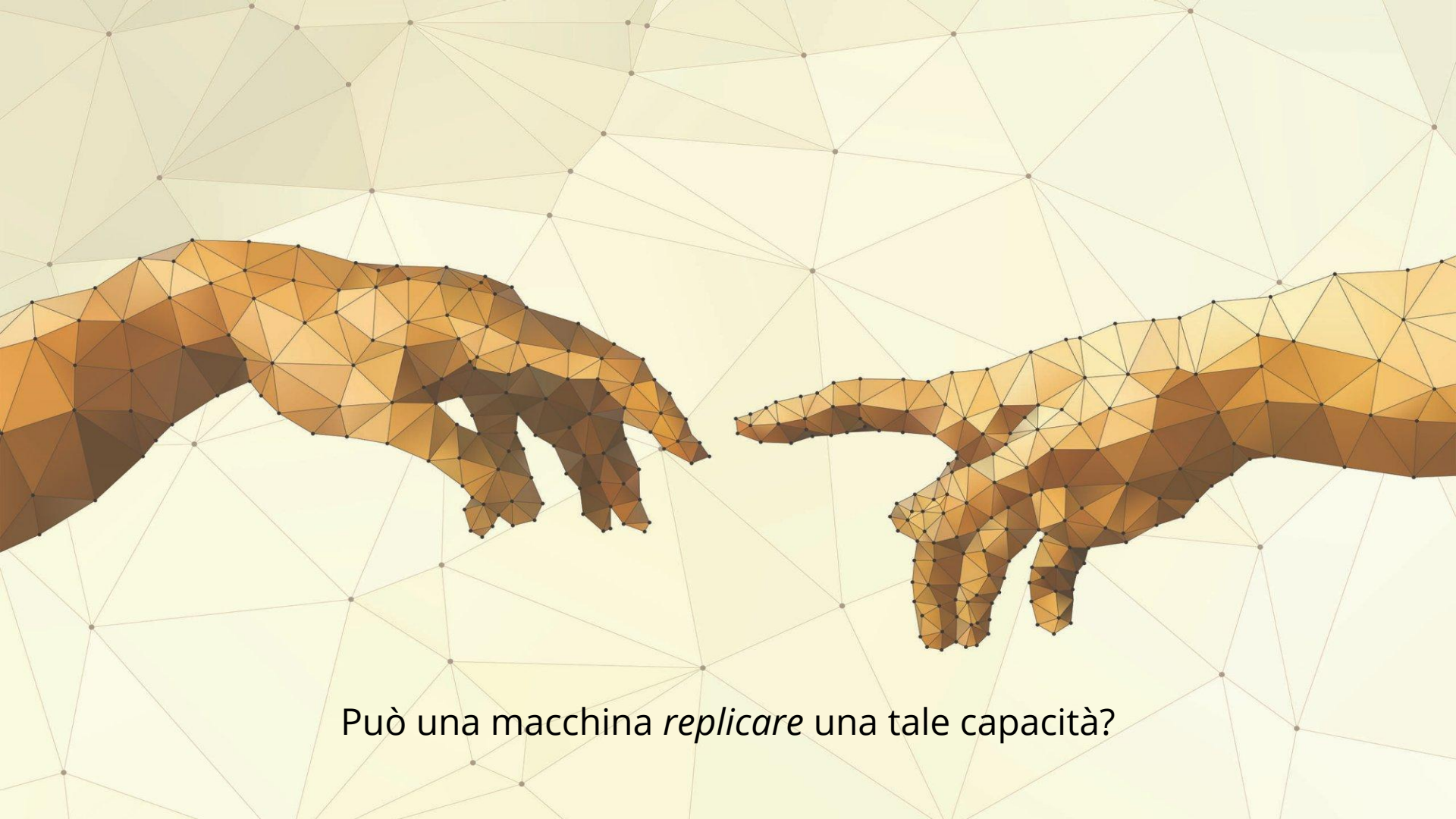


Queste due opere d'arte sono simili?



... e queste?





Può una macchina *replicare* una tale capacità?

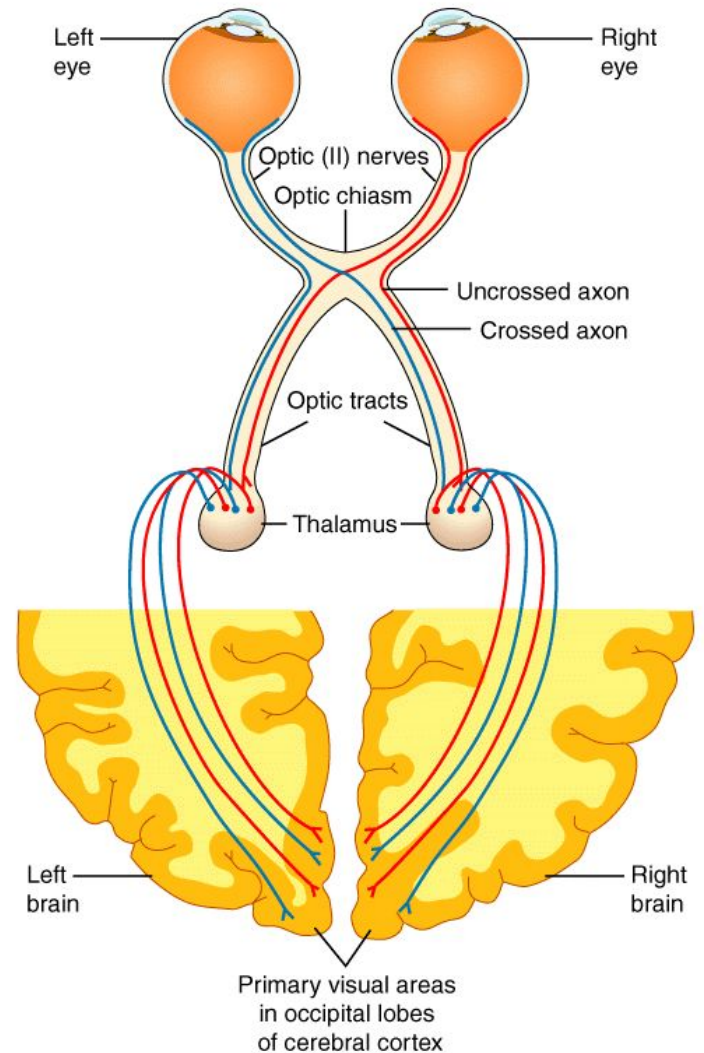
Visione artificiale

Il nostro sistema visivo

Noi, come essere umani, non siamo solo in grado di vedere, ma anche di **guardare**

Il fulcro del nostro sistema visivo non è però negli occhi, ma nel **cervello**, dove le immagini catturate dalla retina vengono elaborate

Madre Natura ha impiegato centinaia di milioni di anni perché arrivassimo a essere così bravi..!



Cosa vede una macchina?



```
08 02 22 97 38 15 00 40 00 75 04 05 07 78 52 12
49 49 99 40 17 81 18 57 60 87 17 40 98 43 69 48
81 49 31 73 55 79 14 29 93 71 40 67 53 88 30 03
52 70 95 23 04 60 11 42 69 24 68 56 01 32 56 71
22 31 16 38 15 00 40 00 75 04 05 07 78 52 12 50 77 91 08
24 47 32 17 81 18 57 60 87 17 40 98 43 69 48 04 56 62 00
32 98 81 55 79 14 29 93 71 40 67 53 88 30 03 49 13 36 65
67 26 20 04 60 11 42 69 24 68 56 01 32 56 71 37 02 36 91
24 55 58 51 67 63 81 18 57 60 87 17 40 98 43 69 48 04 56 62 00
21 36 23 99 03 45 79 14 29 93 71 40 67 53 88 30 03 49 13 36 65
78 17 53 64 23 67 60 11 42 69 24 68 56 01 32 56 71 37 02 36 91
16 39 05 02 62 12 67 63 89 41 92 36 54 22 40 40 28 66 33 13 80
86 56 00 66 73 99 03 45 02 44 75 33 53 78 36 84 20 35 17 12 50
19 80 81 75 00 76 23 67 10 26 38 40 67 59 54 70 66 18 38 64 70
04 52 08 22 75 31 62 12 20 95 63 94 39 63 08 40 91 66 49 94 21
88 36 68 96 35 31 73 99 26 97 17 78 78 96 83 14 88 34 89 63 72
04 42 16 35 71 89 00 76 44 20 45 35 14 00 61 33 97 34 31 33 95
20 69 36 05 94 47 97 35 98 75 31 67 15 94 03 80 04 62 16 14 09 53 56 92
20 73 35 97 62 20 35 31 47 55 58 88 24 00 17 54 24 36 29 85 57
01 70 54 38 25 39 71 89 07 05 44 44 37 44 60 21 58 51 54 17 58
72 30 23 94 47 69 28 73 92 13 86 52 17 77 04 89 55 40
78 31 90 35 99 16 07 97 57 32 16 26 26 79 33 27 98 66
83 51 54 62 20 72 03 46 33 67 46 55 12 32 63 93 53 69
25 39 11 24 94 72 18 08 46 29 32 40 62 76 36
30 23 88 34 62 99 69 82 67 59 85 74 04 36 16
```



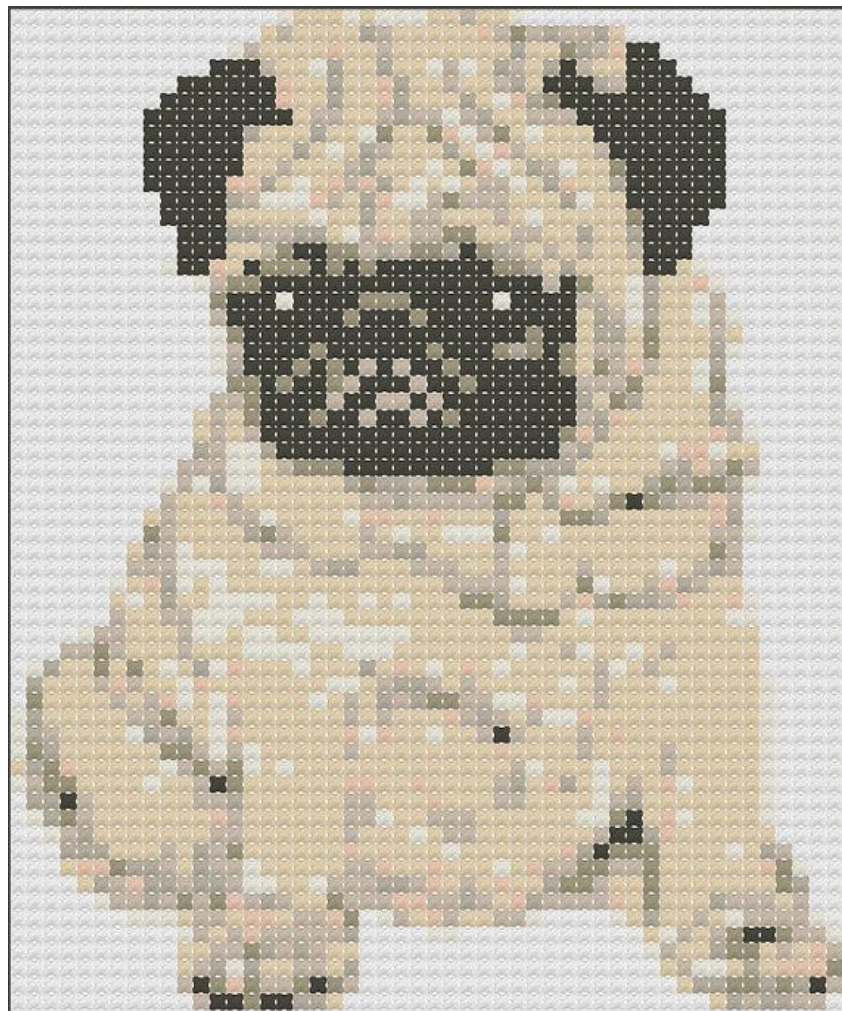

Modello del carlino

Potremmo costruire un semplice modello matematico per riconoscere il carlino in una foto

Cosa lo contraddistingue?

- è paffutello
- ha il musetto nero
- ha le orecchie abbassate

Il compito, anche per una macchina, “sembra” essere semplice...



Cosa succede in questi casi?



Apprendimento (automatico)

Come spesso accade nella scienza, una possibile soluzione è ispirarsi proprio alla Natura

Un bambino, anche da prima della nascita, osserva il mondo: i suoi occhi sono esposti a una varietà sconfinata di scene del mondo reale

Col tempo, il bambino diventa sempre più bravo a **generalizzare** da quanto vede

Perché non fare lo stesso con la macchina?



Esempio pratico

Supponiamo di voler insegnare a una macchina come distinguere fra il carlino e il bulldog francese



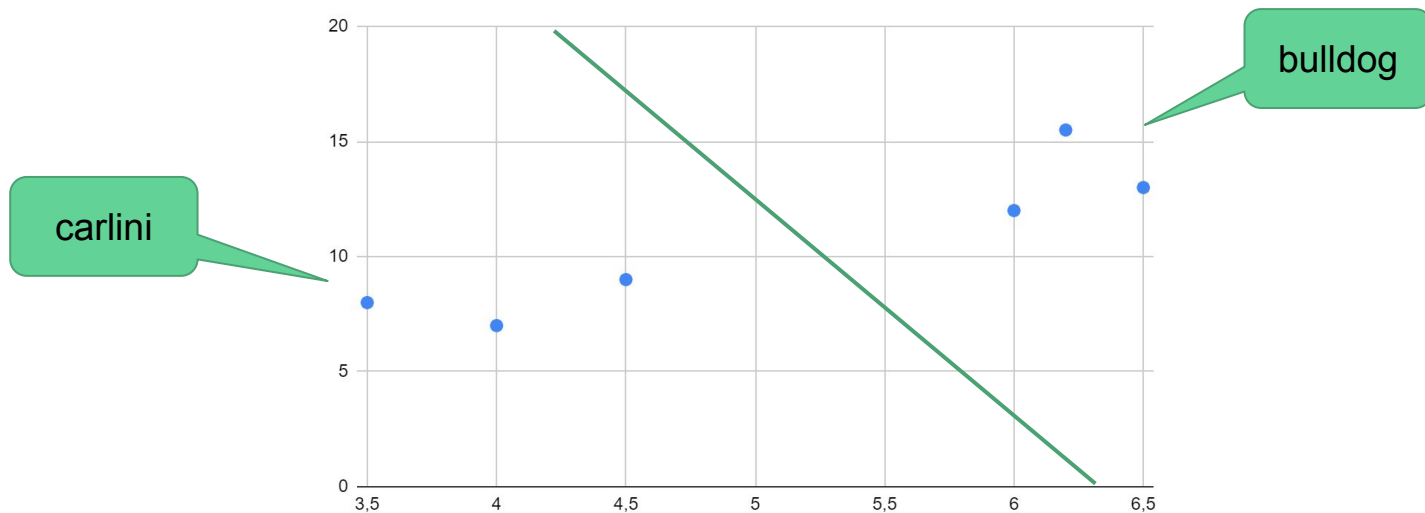
Come procediamo?

Misuriamo, per esempio, lunghezza delle orecchie e peso di vari esemplari di carlino e bulldog francese e annotiamoli in una tabella

razza	lunghezza orecchie (cm)	peso (kg)
carlino	4	7
bulldog	6.2	12
carlino	4.5	9
...

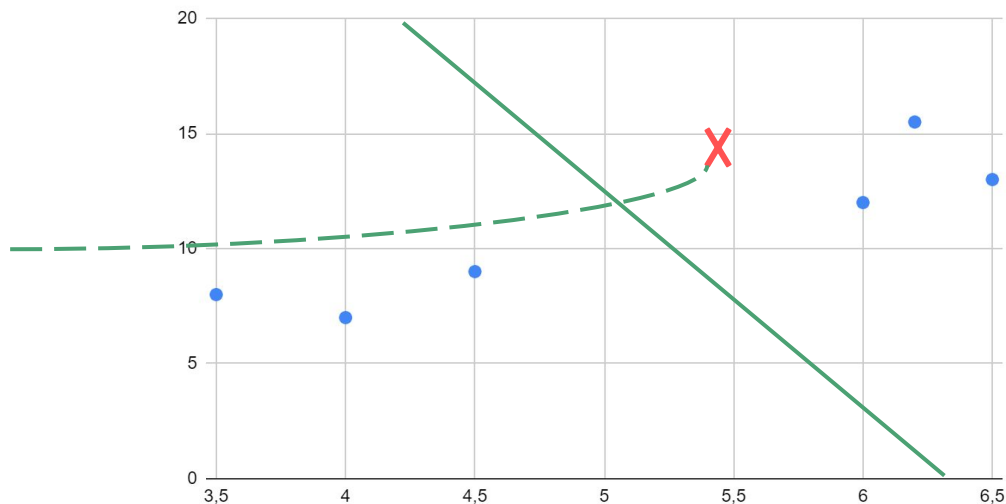
Spazio geometrico

Proiettando i nostri compagni fidati su di un piano cartesiano, ci rendiamo effettivamente conto di come essi si raggruppino in due classi distinte



Istanza ignota

All'arrivo di un cagnolino la cui razza è ignota, possiamo far sì che la macchina prenda una decisione a seconda di dove, nello spazio cartesiano, esso si posiziona

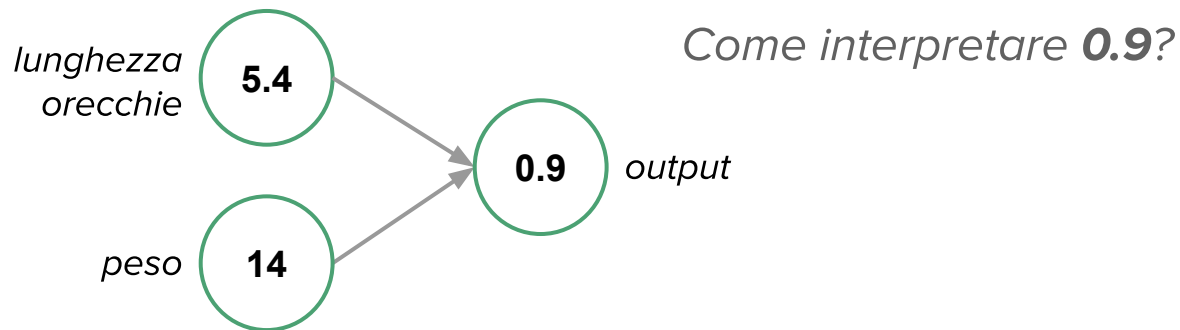


Decisioni autonome

All'aumentare del numero di esempi, questa strategia diventa tediosa e prona a errori: *come fare perché la macchina svolga il compito da sola?*

Per farlo, costruiamo un semplice modello

Uno schema ci aiuta:



Come viene calcolato l'output?

Dal punto di vista matematico, il nostro modello è semplicemente una funzione

Una **funzione** è una relazione fra un ingresso e un'uscita, per esempio potrebbe associare a un ingresso x il suo doppio $2x$:

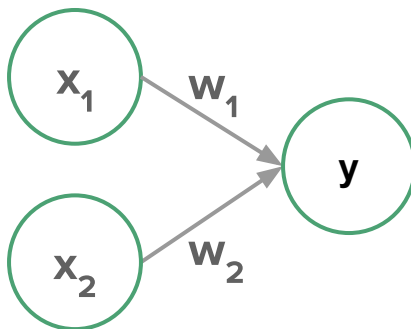
$$\text{doppio}(x) = 2x$$

dove x è una variabile

$$x = 5 \rightarrow \text{doppio}(5) = 10$$

$$x = 7 \rightarrow \text{doppio}(7) = 14$$

Torniamo al nostro modello...



... anch'esso è una funzione, con due ingressi e un'uscita:

$$y = f(x_1, x_2) = x_1 w_1 + x_2 w_2$$

w_1 e w_2 sono pesi che decidono quanto una caratteristica del cane influisce sul risultato finale

Funzione sigmoidea

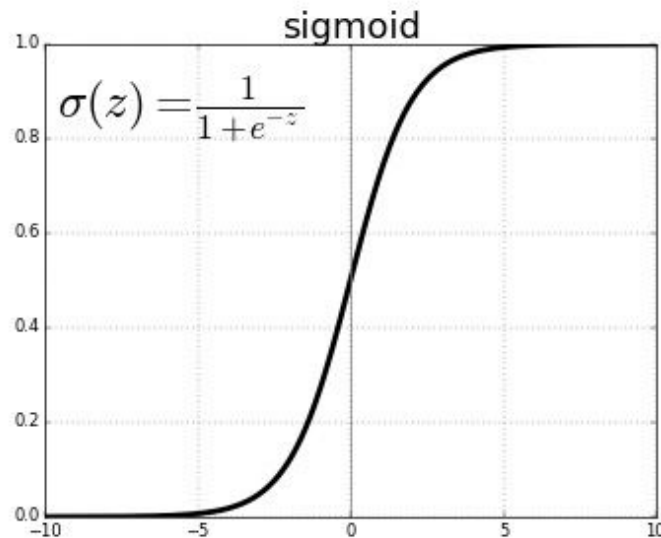
Tuttavia, non basta: noi vogliamo output che siano “schiacciati” fra **0** e **1**

Per far questo, usiamo la funzione **sigmoidea** che restituisce un numero compreso fra **0** e **1**, qualunque sia il suo input

Quindi il nostro modello diventa:

$$\sigma(f(x_1, x_2)) = \sigma(x_1 w_1 + x_2 w_2)$$

Cosa ci manca?!



Funzione di costo

x_1 e x_2 li conosciamo già

w_1 e w_2 ... no!

Idealmente, potremmo provare diversi valori per w_1 e w_2 fino a trovare quelli che rendono il modello **accurato** (almeno sugli esempi noti)

Per valutare se la nostra scelta è azzeccata, ci serve un'altra funzione, di **costo**, che ci indichi quanto stiamo sbagliando o andando bene con l'attuale modello

Funzione di costo

Vorremmo una funzione che restituisca un valore *grande* per segnalarci che stiamo sbagliando, e un valore *piccolo* per segnalarci che stiamo facendo bene

Supponiamo, per esempio, che $w_1 = 0.1$ e $w_2 = 0.2$

Allora, dato un esemplare qualunque nella nostra tabella, p.e. con $x_1 = 6$ e $x_2 = 11$, calcoliamo l'uscita del nostro modello

output del modello → **0.8**

valore effettivo → **0**

Quanto stiamo sbagliando..?

Funzione di costo

Potremmo sottrarre il valore reale a quello predetto ed elevare tutto al quadrato:

$$(p - r)^2 = (0.8 - 0)^2 = 0.64$$

Questa funzione di costo prende il nome di **scarto quadratico**

Qual è il nostro obiettivo? Modificare il valore predetto dal nostro modello affinché la funzione di costo sia più *piccola* possibile

Problema: provare tutti i possibili valori per w_1 e w_2 fino a minimizzare la funzione di costo per tutti gli esempi nella tabella provoca... una esplosione combinatoria!

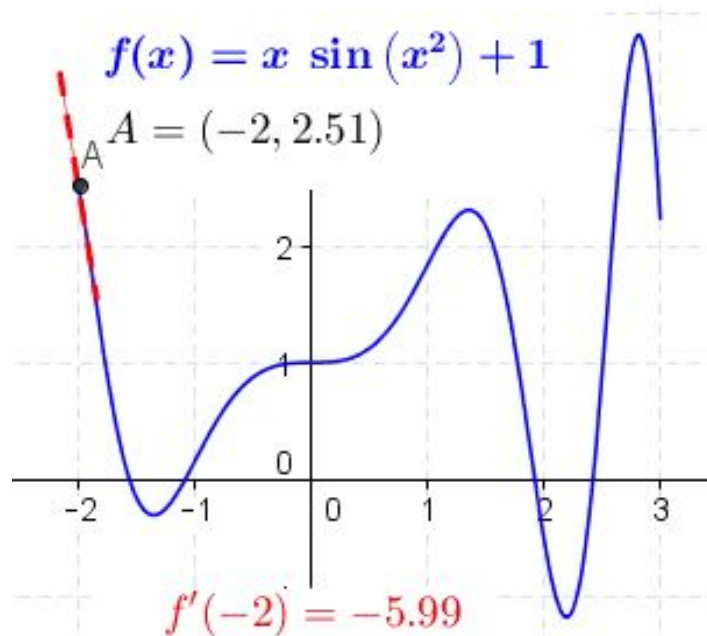
Minimizzare la funzione di costo

Concetto che “dovreste” conoscere bene: il minimo di una funzione è dove la sua **derivata** si annulla!

La derivata di una funzione in un punto è il coefficiente angolare della **retta tangente** alla curva in quel punto

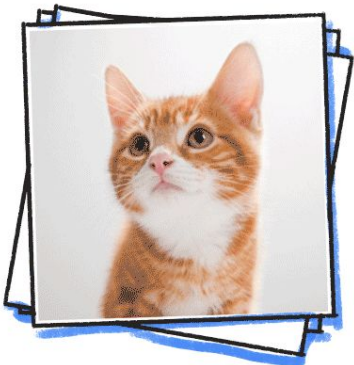
Idea:

1. partiamo da valori per w_1 e w_2 casuali
2. aggiorniamo tali valori in modo da scendere verso il minimo della curva, a seconda della pendenza della retta tangente!



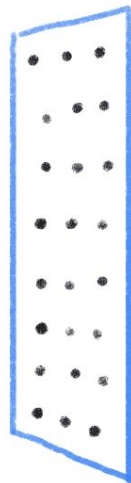
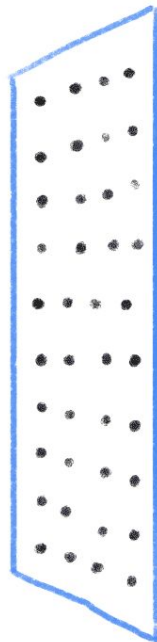
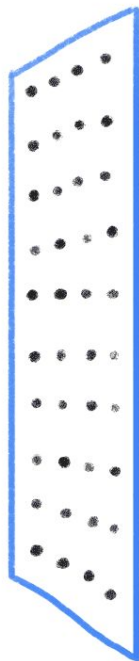


CAT



(Labeled
PHOTOS)

DOG



OUTPUT

Torniamo alla questione iniziale

Similarità individuate dalla macchina

Al CILAB stiamo lavorando per rendere le macchine capaci di percepire somiglianze fra opere d'arte

Come? In maniere simili, benché più complesse, a quanto abbiamo visto prima

Molteplici applicazioni:

- ritrovamento automatico dell'informazione
- supporto allo studio delle influenze artistiche
- rilevamento di falsi
- ...



Sandro Botticelli



Michelangelo



Raffaello



Raffaello



William Turner



Rembrandt



Salvador Dali



Gustave Courbet



Alfred Sisley



Camille Pissarro



Camille Pissarro



Claude Monet



van Gogh



Renoir



Renoir



Edouard Manet



queries



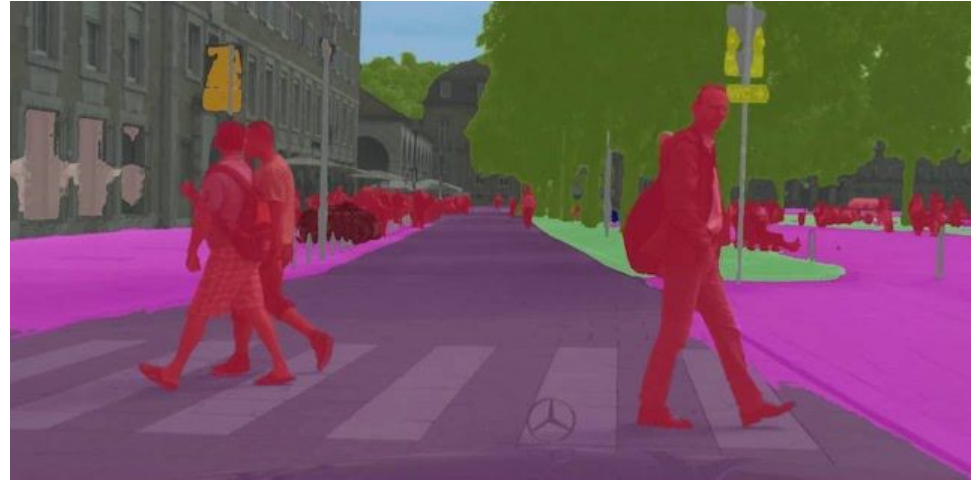
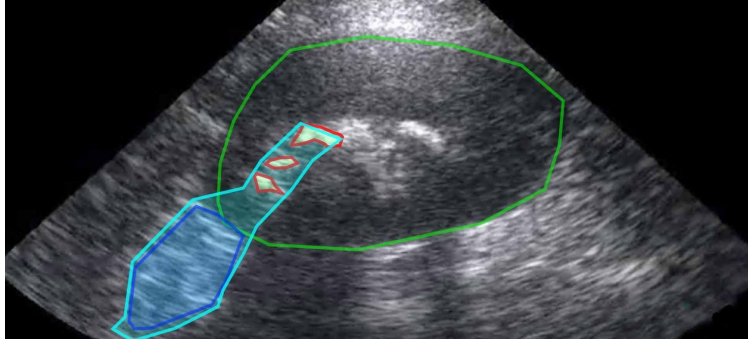
responses

Altre applicazioni

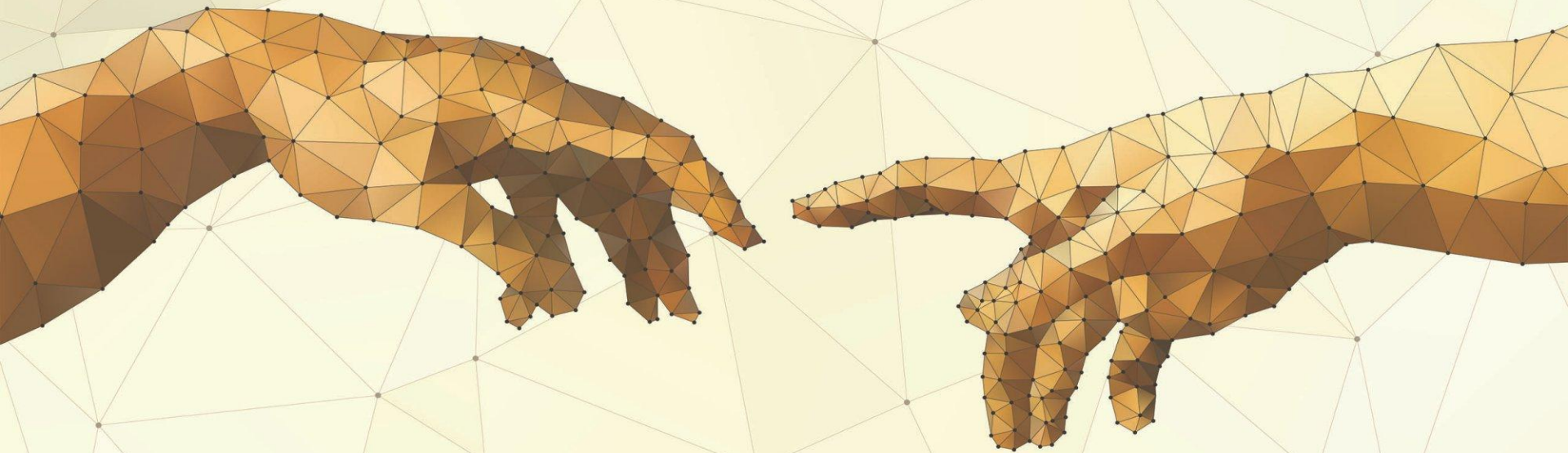
- Image colorization
- ArtGAN
- Neural style transfer
- ...



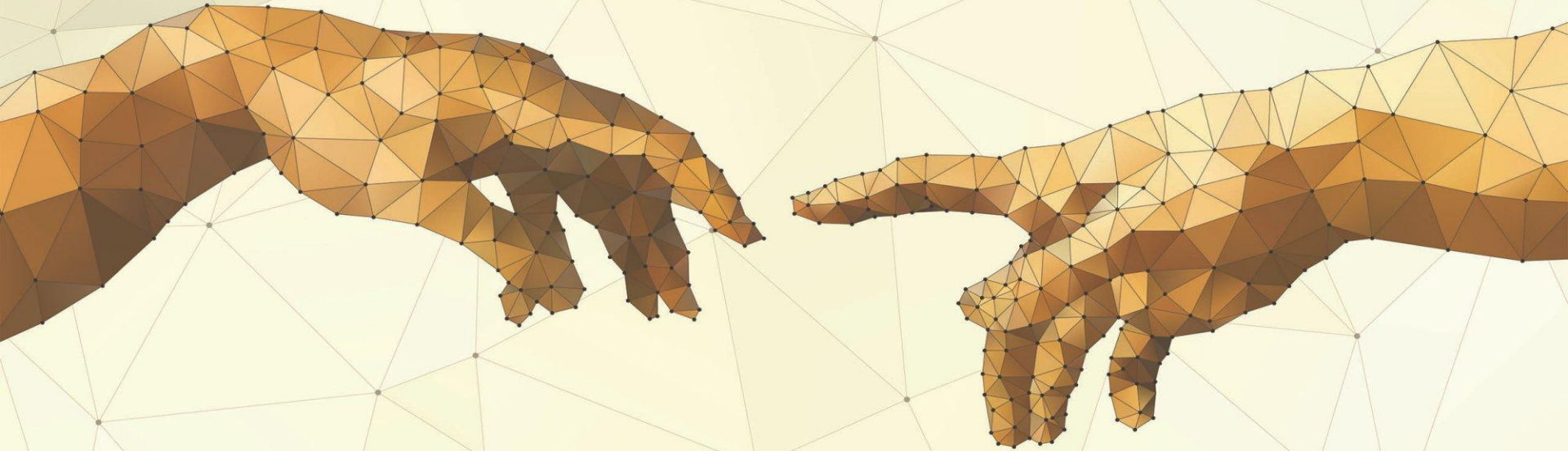
Oggi le macchine non solo vedono, ma guardano



Allora: possono le macchine comprendere l'arte?

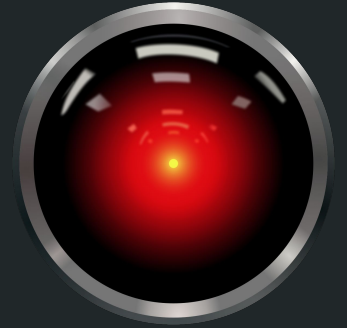


Allora: possono le macchine comprendere l'arte?



L'obiettivo della ricerca nella cosiddetta **Intelligenza Artificiale** è costruire macchine che *simulino*, non *emulino*, le capacità intellettive umane

Quale futuro ci attende?





Dipartimento di Informatica