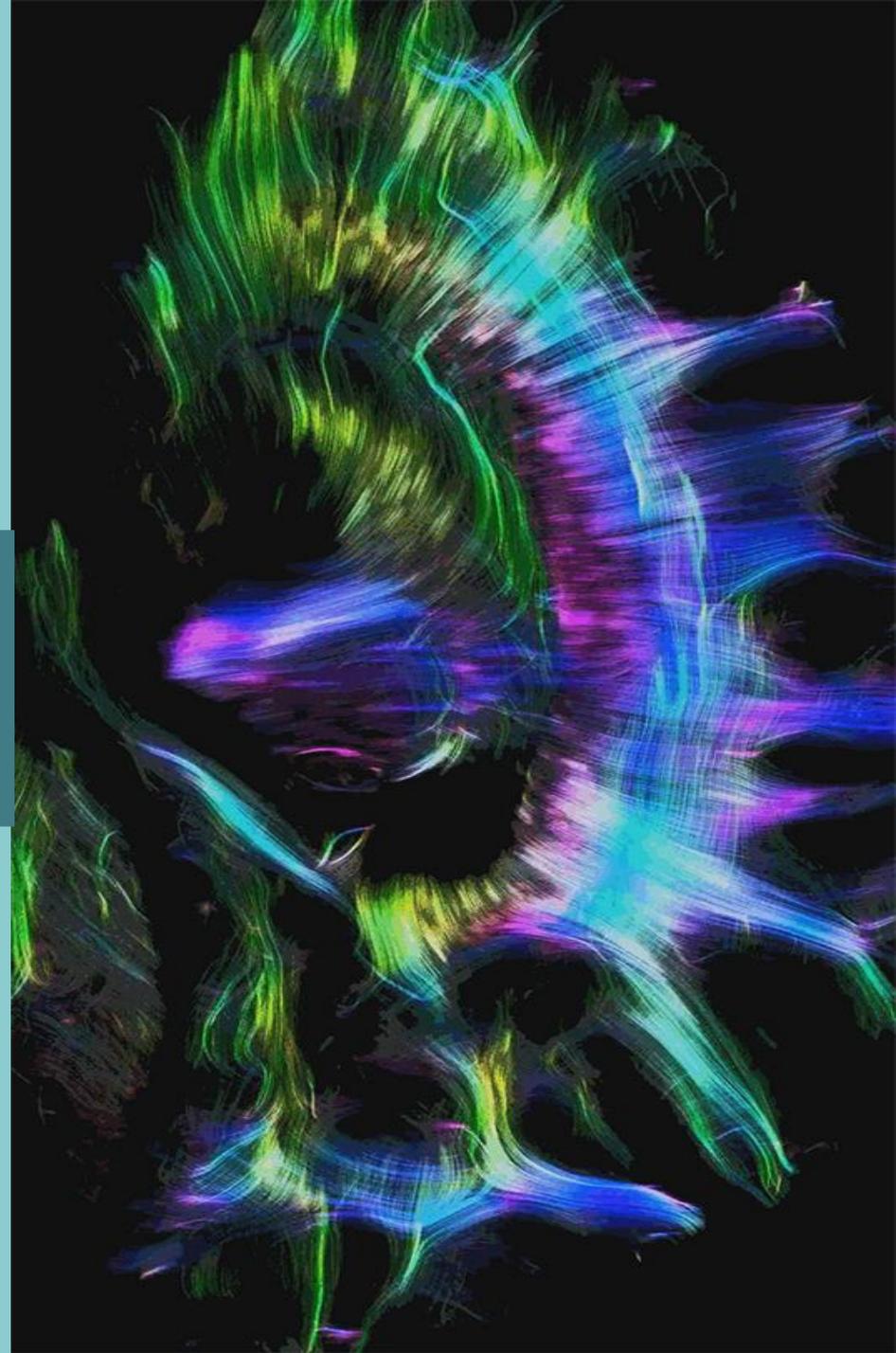


# INTELLIGENZA ARTIFICIALE

Sviluppo di sistemi esperti per  
applicazioni biomediche



Università degli studi di Napoli Federico II

Politecnico di Milano



**Laurea Magistrale**  
Bioingegneria Tecnologie  
Elettroniche

2017 - 2019



**Borsa di ricerca**  
Sviluppo di sistemi esperti per  
neuroimmagini  
**MASTER II Livello**  
Tecnologie per la riabilitazione e  
l'assistenza clinica

2021

2013 - 2017

**Laurea Triennale**  
Ingegneria Biomedica



2019 - 2020

**Tirocinio**  
presso PHEEL Lab



Politecnico di Milano

Università degli studi di Napoli Federico II

Politecnico di Milano

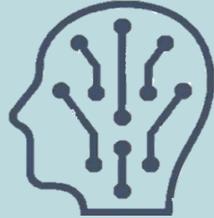
Corinna Vitale

[corinna.vitale@unina.it](mailto:corinna.vitale@unina.it)

LinkedIn <https://www.linkedin.com/in/corinna-vitale-369ab914b/>

ResearchGate <https://www.researchgate.net/profile/Corinna-Vitale>

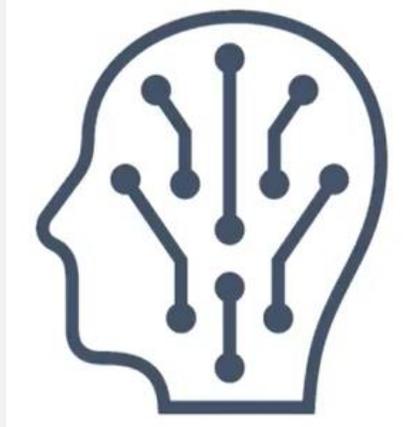




## INTRODUZIONE

- **Intelligenza Artificiale (AI)**
- **Machine Learning & Deep Learning**
- **Scegliere un algoritmo in base all'applicazione**

## ➤ Cosa vuol dire?



---

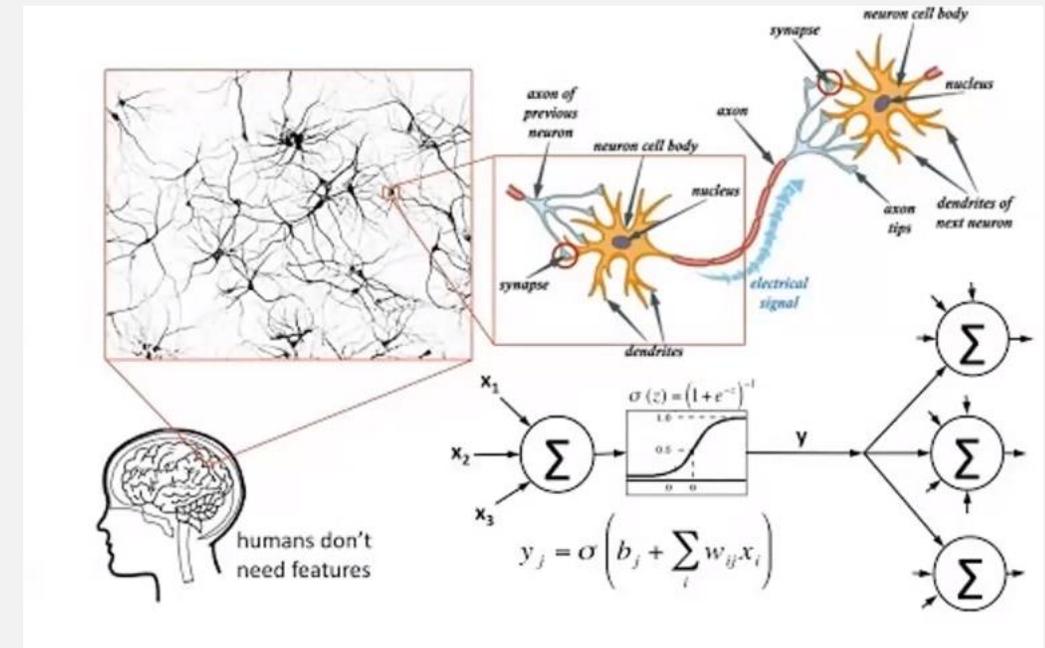
**“L’intelligenza artificiale è la scienza e l’ingegneria di far funzionare i computer in un modo che, fino ad oggi, credevamo avesse bisogno dell’intelligenza umana.”**

- A. Moore

## ➤ Come ci si è arrivati?

Dallo **studio del cervello umano** alla **traslazione delle conoscenze su macchina** [1]

1. Neurologia: il **cervello come rete** di impulsi elettrici.
2. Shannon: Teoria dell'informazione, i **segnali digitali**.
3. Turing: Teoria computazionale, il **trasferimento** delle informazioni può essere descritto con **segnali digitali**.
4. McCulloch e Pitts: **prima rete neurale**.



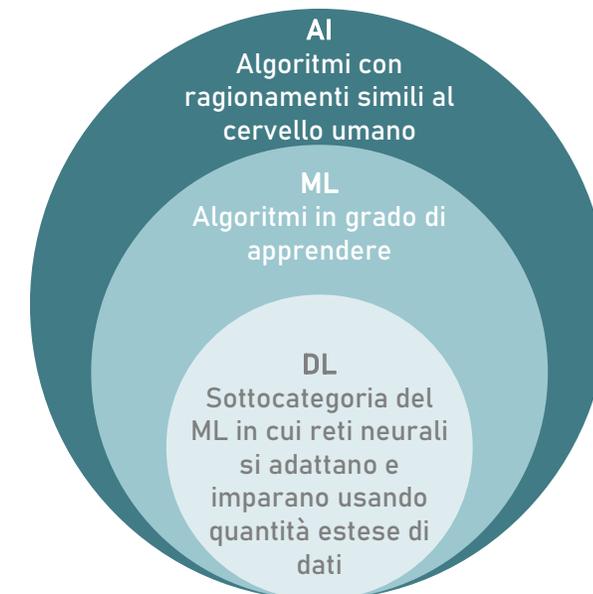
[1] GORI, Marco. Introduzione alle reti neurali artificiali. *Mondo digitale*, 2003, 2.8: 4-20.

Il machine learning è un campo dell'AI.

Per learning si intende il processo con cui dei dati vengono acquisiti, elaborati e trasformati in informazioni e conoscenza.

Con machine learning si intendono quindi quegli algoritmi in grado di imparare senza istruzioni esplicite <sup>[1]</sup>.

Esiste un'ulteriore sotto categoria che è il deep learning termine con cui ci si riferisce ad un insieme di tecniche basate su reti neurali artificiali organizzate in strati, dove ogni strato calcola i valori per il successivo affinché l'informazione venga elaborata in maniera sempre più completa <sup>[2]</sup>.

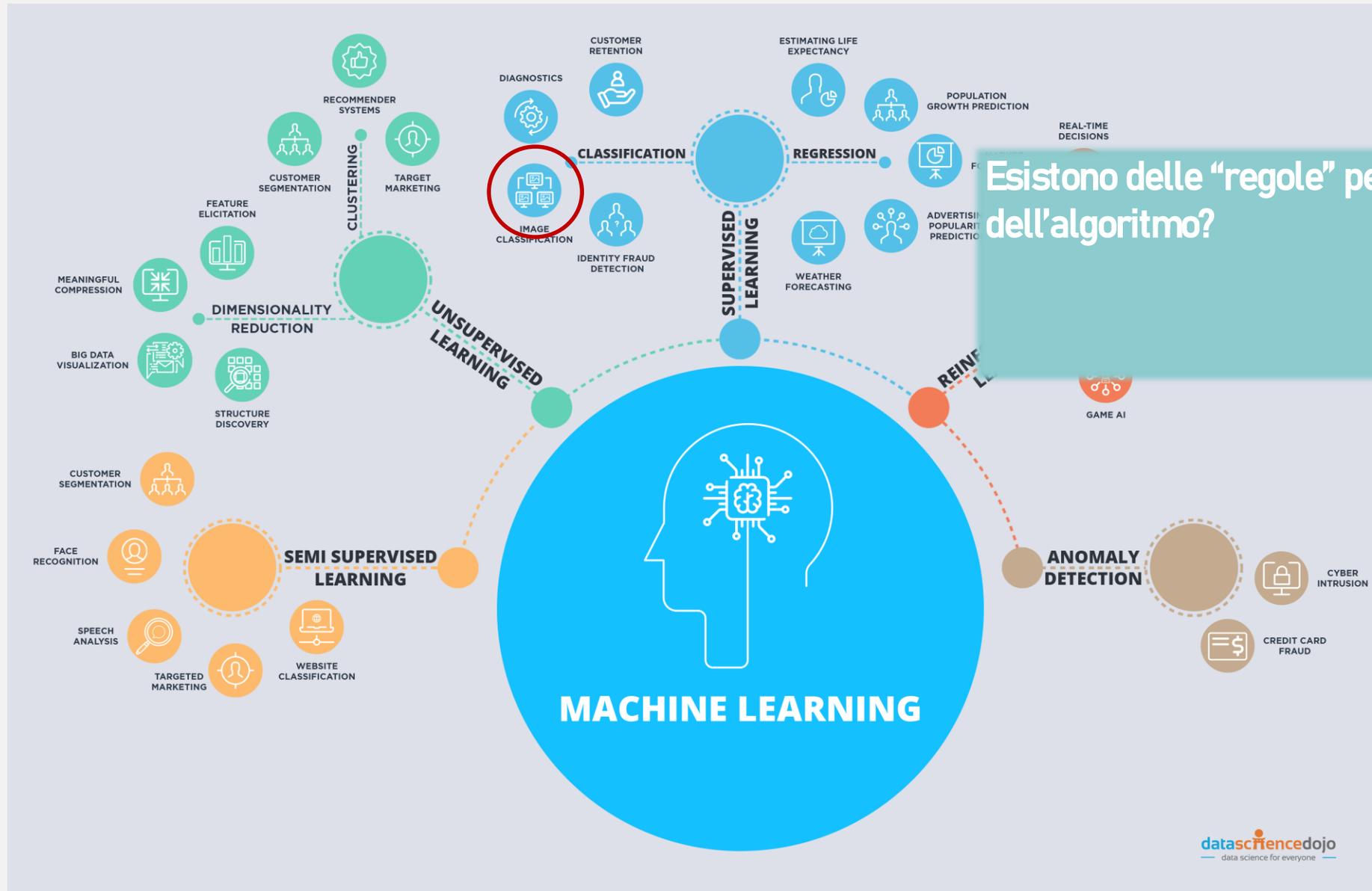


**“Il machine learning è lo studio di algoritmi che permette ai programmi dei computer di migliorare automaticamente attraverso l'esperienza.”**

**- T.M. Mitchell**

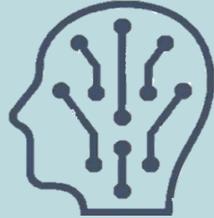
[1] Arthur L. Samuel, *Some studies in machine learning using the game of checkers*, in *IBM Journal of research and development*, 1959.

[2] [https://blog.osservatori.net/it\\_it/deep-learning-significato-esempi-applicazioni](https://blog.osservatori.net/it_it/deep-learning-significato-esempi-applicazioni)



Esistono delle "regole" per la scelta dell'algoritmo?



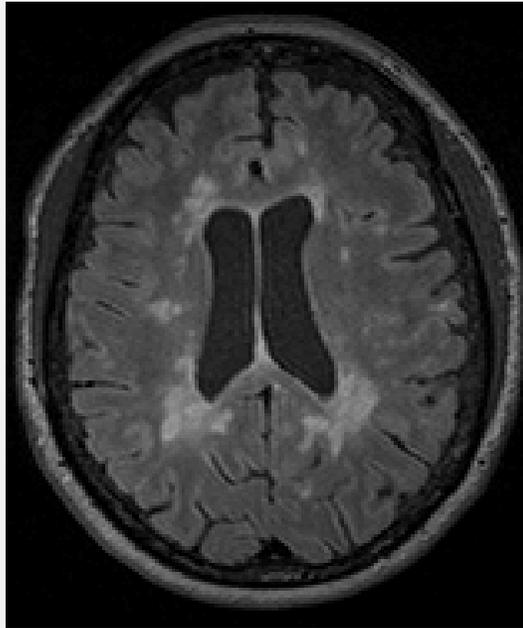


## Applicazione biomedicale

- Individuazione lesioni cerebrali da immagini di risonanza magnetica
- Scelta dell'algoritmo e definizione struttura

# Individuazione lesioni cerebrali da immagini di risonanza magnetica

Individuare lesioni da **Sclerosi Multipla** in immagini di **risonanza magnetica**:



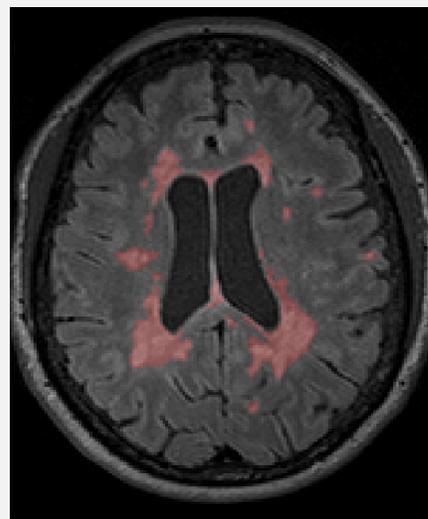
LESIONI

MASCHERA



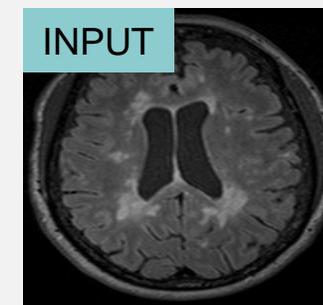
# Individuazione lesioni cerebrali da immagini di risonanza magnetica

Individuare lesioni da **Sclerosi Multipla** in immagini di risonanza magnetica:

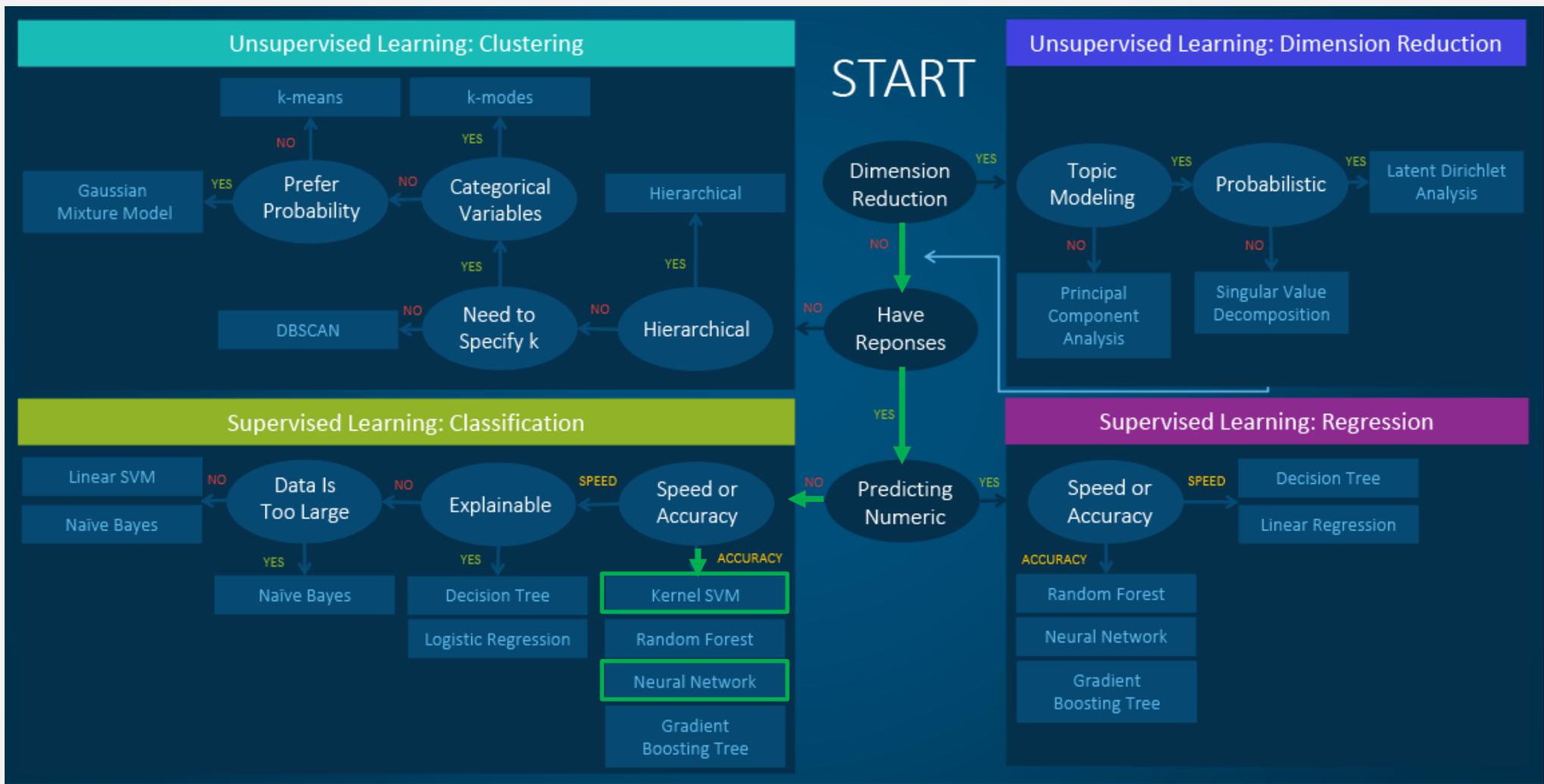


## Classificazione & Segmentazione

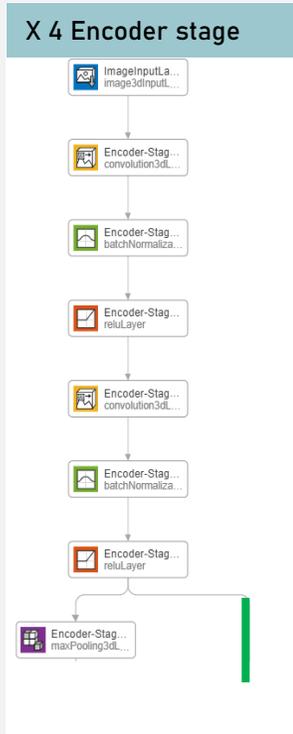
1. Nell'immagine ci sono lesioni?
2. Quali sono i pixel lesionati?



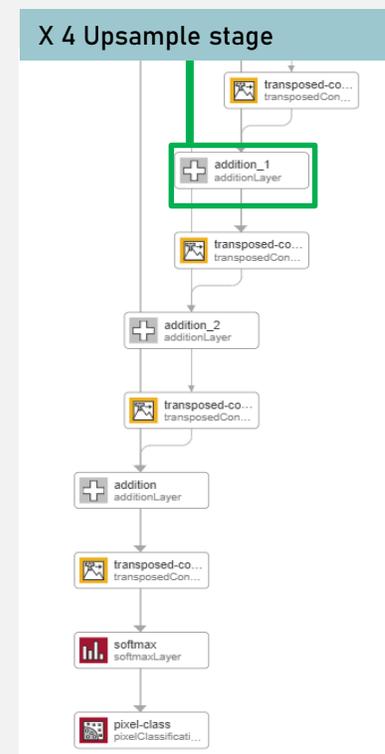
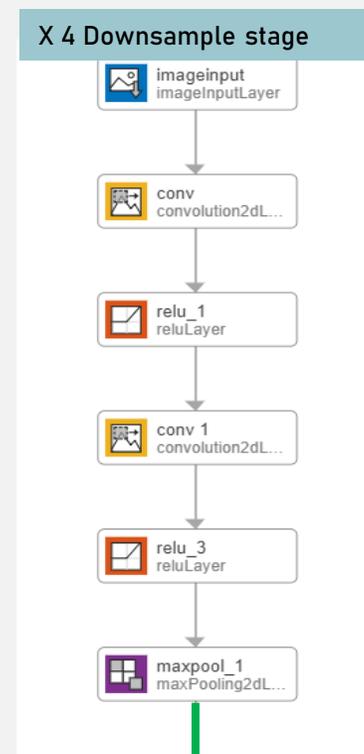
# Scelta dell'algoritmo



# Struttura algoritmo deep learning



...



...

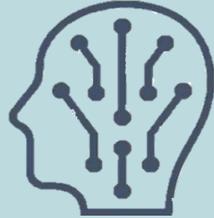
## VGG 16 \*

- 40 Layer
- Convolution-Relu-MaxPool come unità fondamentale che si ripete.
- Addition Layer per sommare gli output dei layer precedenti.
- Tversky Loss come funzione di classificazione del layer di output.

## 3D UNet \*

- 58 Layer
- 2 Convolution-BatchNormalization-Relu e un MaxPool come unità fondamentale che si ripete.
- Ogni encoder stage (output) è concatenato ad un decoder stage.
- Tversky Loss come funzione di classificazione del layer di output.

\* Le rete addestrata non è esattamente quella presente in letteratura, ma si basa su tale struttura.



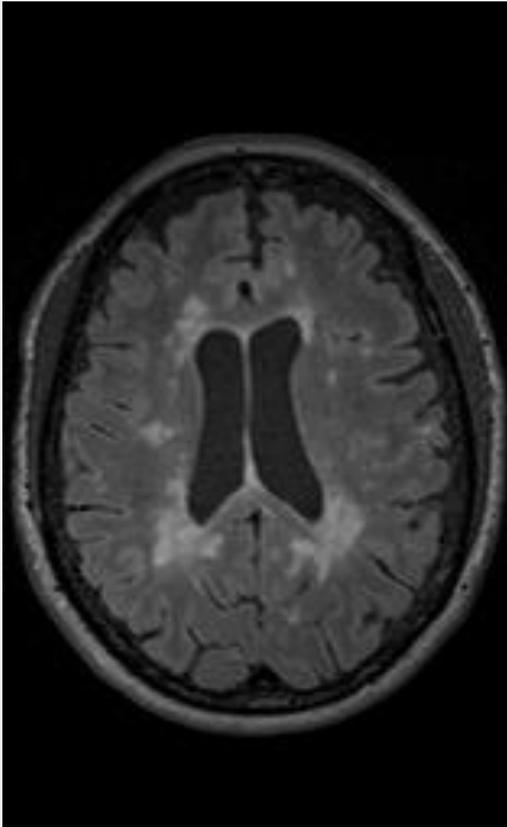
## STEP DI LAVORO

- **Costruzione del dataset**
- **Il problema delle classi sbilanciate**
- **Addestramento**
- **Risultati**

## DATABASE

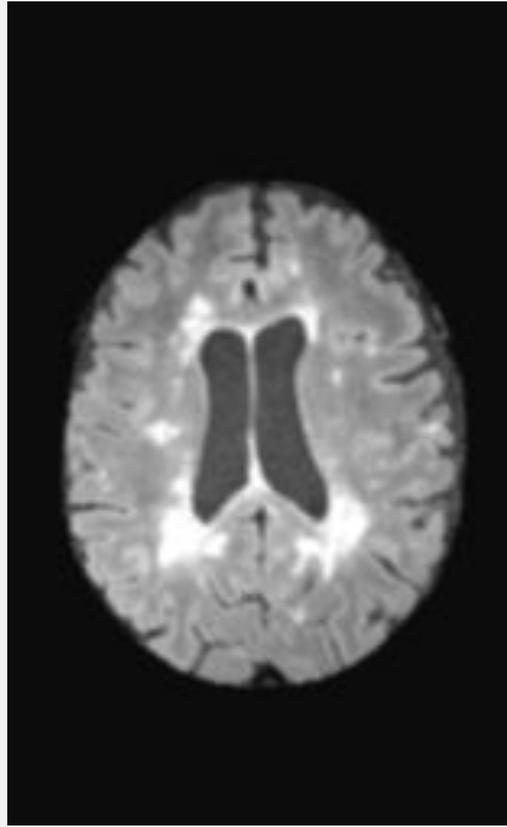
(segmentato dai radiologi)

- 30 immagini FLAIR (85 slices)
- 30 immagine T1 (85 slices)



## PRE-PROCESSING

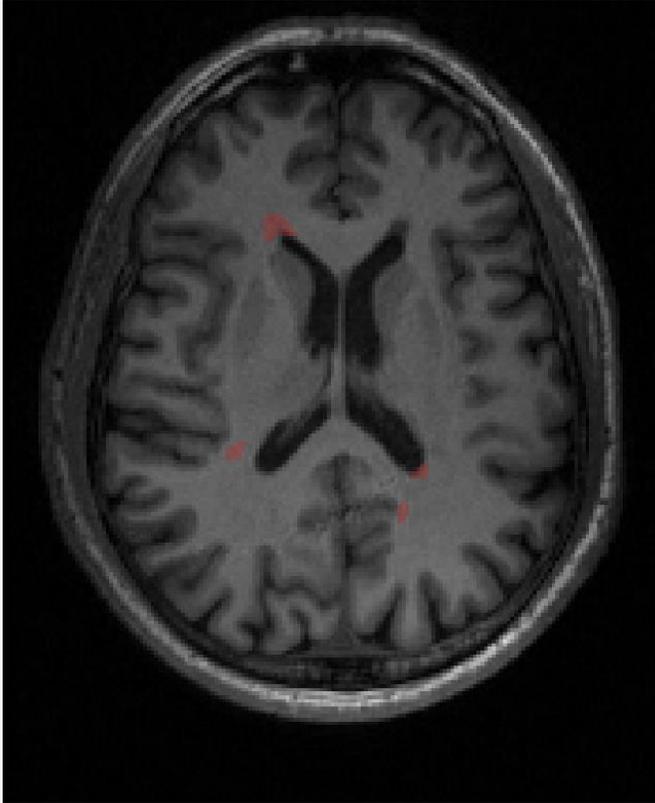
- Skull stripping
- Aumento del contrasto
- Filtraggio passa basso



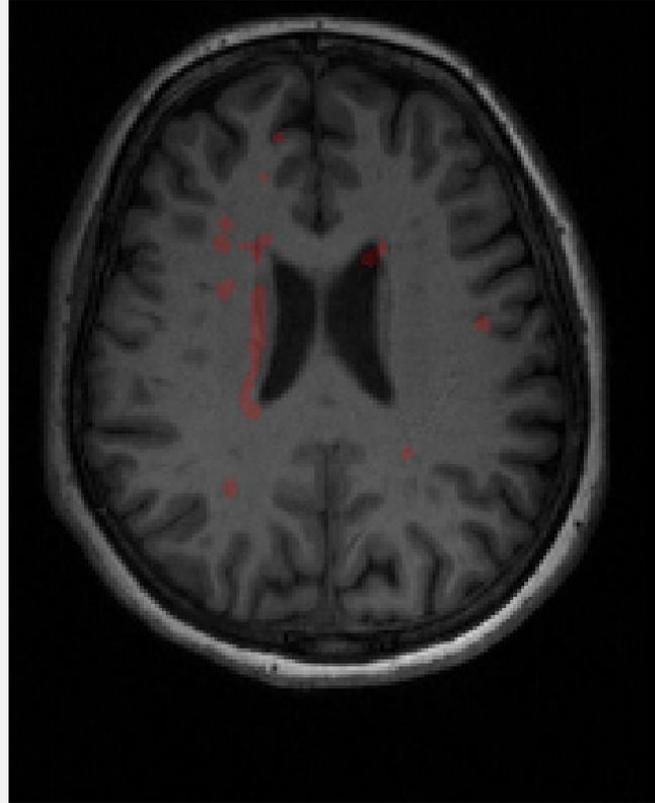
## CARICO LESIONALE

---

BASSO



MEDIO



ALTO

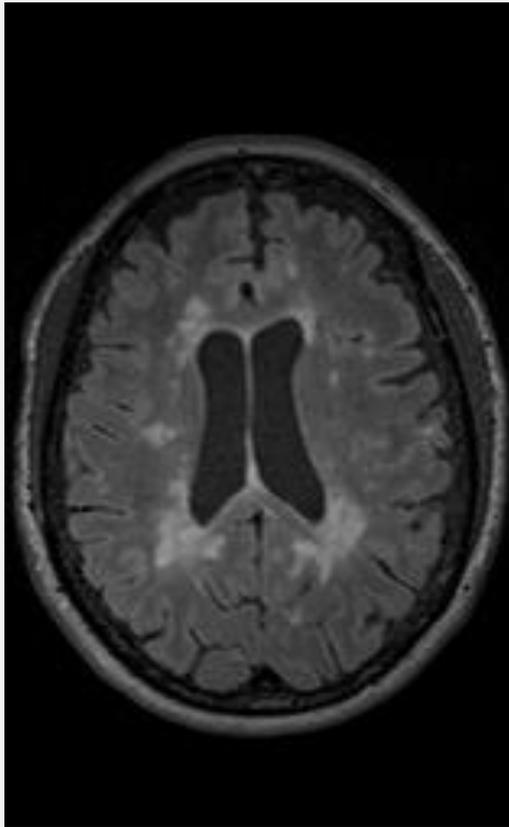


Tre pazienti con diverso carico lesionale

## DATABASE

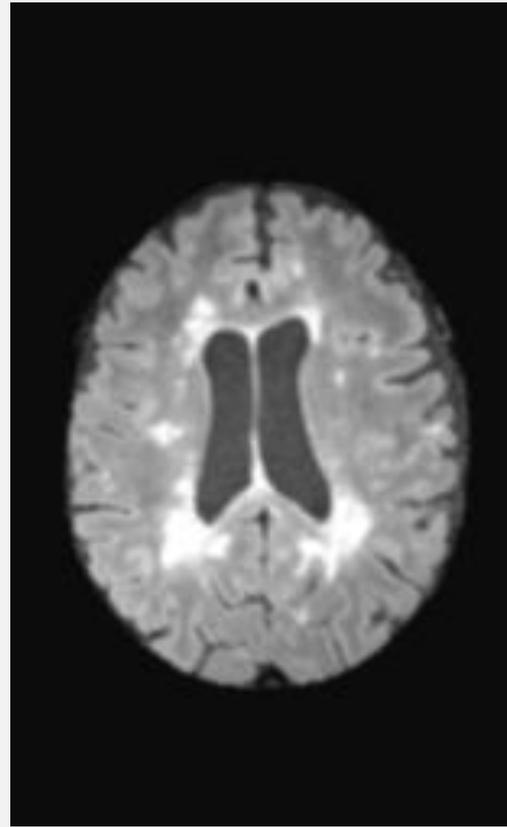
(segmentato dai radiologi)

- 30 immagini FLAIR (85 slices)
- 30 immagine T1 (85 slices)



## PRE-PROCESSING

- Skull stripping
- Aumento del contrasto
- Filtraggio passa basso



## TRAIN

- 7 pazienti **alto** contenuto lesionale
- 7 pazienti **medio** contenuto lesionale
- 8 pazienti **basso** contenuto lesionale

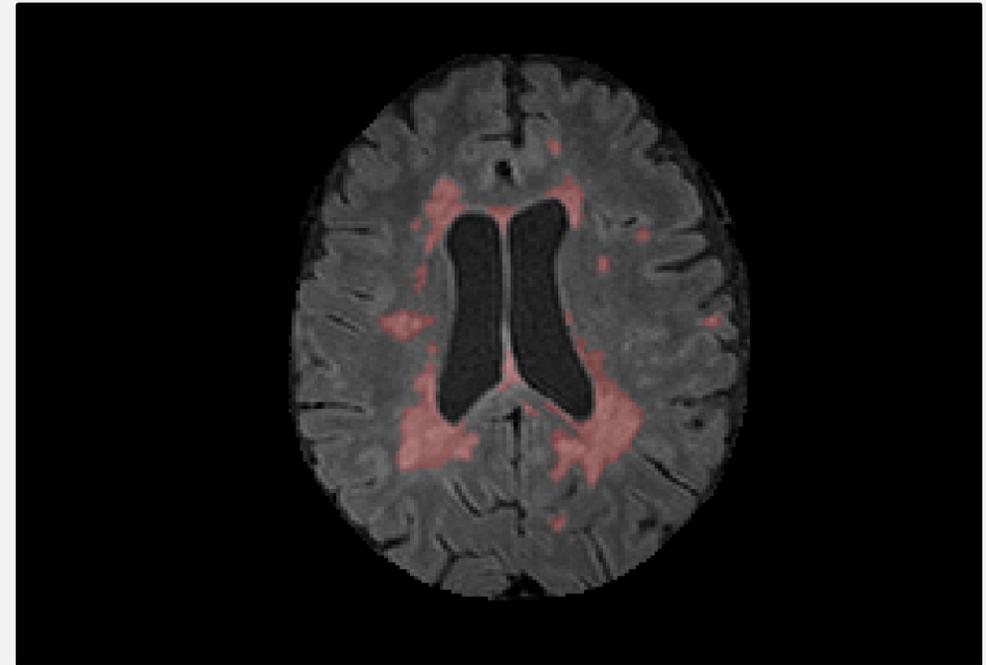
## VALIDAZIONE

- 2 pazienti **alto** contenuto lesionale
- 2 pazienti **medio** contenuto lesionale
- 2 pazienti **basso** contenuto lesionale

## TEST

- 1 pazienti **basso** contenuto lesionale

## SEGMENTAZIONE DI IMMAGINI



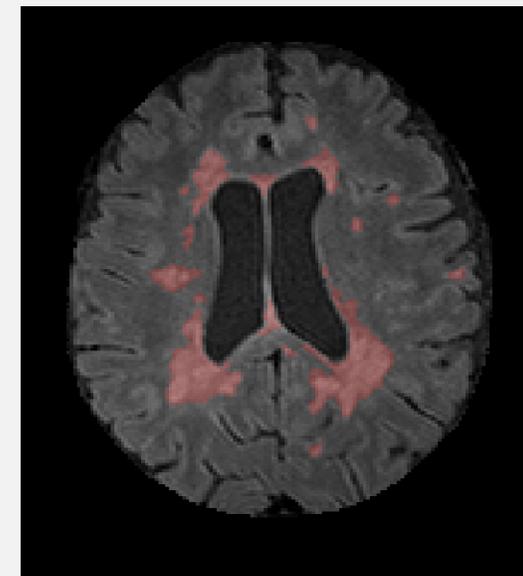


Le classi sono fortemente sbilanciate:

% Pixel Lesioni  $\ll$  % Pixel sani\*

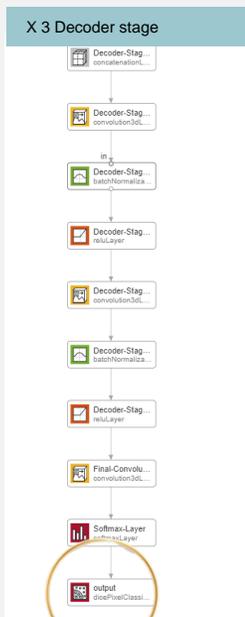


Durante l'apprendimento è necessario dare un **peso maggiore ai falsi negativi** (lesioni non individuate) piuttosto che ai falsi positivi



\* Nello specifico il database attuale presenta **86,04% pixel sani e 13,96% pixel lesioni**

# Il problema delle classi sbilanciate



pixel-class  
pixelClassificati...

- Dice Loss: metodo basato sulla sovrapposizione delle immagini per valutarne la similarità.
- Tversky Loss: è una generalizzazione del dice che penalizza in maniera diversa FP e FN.
- Focal Loss: modifica della CE che assegna un peso maggiore ai casi più "diificili".
- Weighted Cross-Entropy Loss: utile nei casi di classi sbilanciate poiché assegna un peso diverso a casi positivi e negativi.

## TRANSFER LEARNING & TUNING DEI PARAMETRI

---

- 1. Training di una rete che riconosce solo le maschere:** sono state utilizzate le maschere fornite dai radiologi sia come immagine target che come label. \*
- 2. Transfer learning e tuning dei parametri:** nuovo training della rete dello step precedente, utilizzando il dataset con le immagini reali. Il training di questa rete è stato ripetuto più volte variando le opzioni di training, fino a raggiungere la configurazione migliore.

### PARAMETRI TRAINING

- **Initial Learn Rate** :  $2 \cdot 10^{-5}$
- **Solver** : Squared Gradient Descent Method
- **L2 Regularization** : 0,0004
- **Weights Initialization** : 'glorot'
- **Output Layer** : Tversky Layer
  - $\alpha = 0.8$
  - $\beta = 0.2$

## Miglioramenti ottenuti variando i parametri di training - VGG16

NORMALIZED CONFUSION MATRIX - TRAIN		
	SANO	LESIONE
SANO	70	30
LESIONE	2	98

NORMALIZED CONFUSION MATRIX - VAL		
	SANO	LESIONE
SANO	70	30
LESIONE	1	99

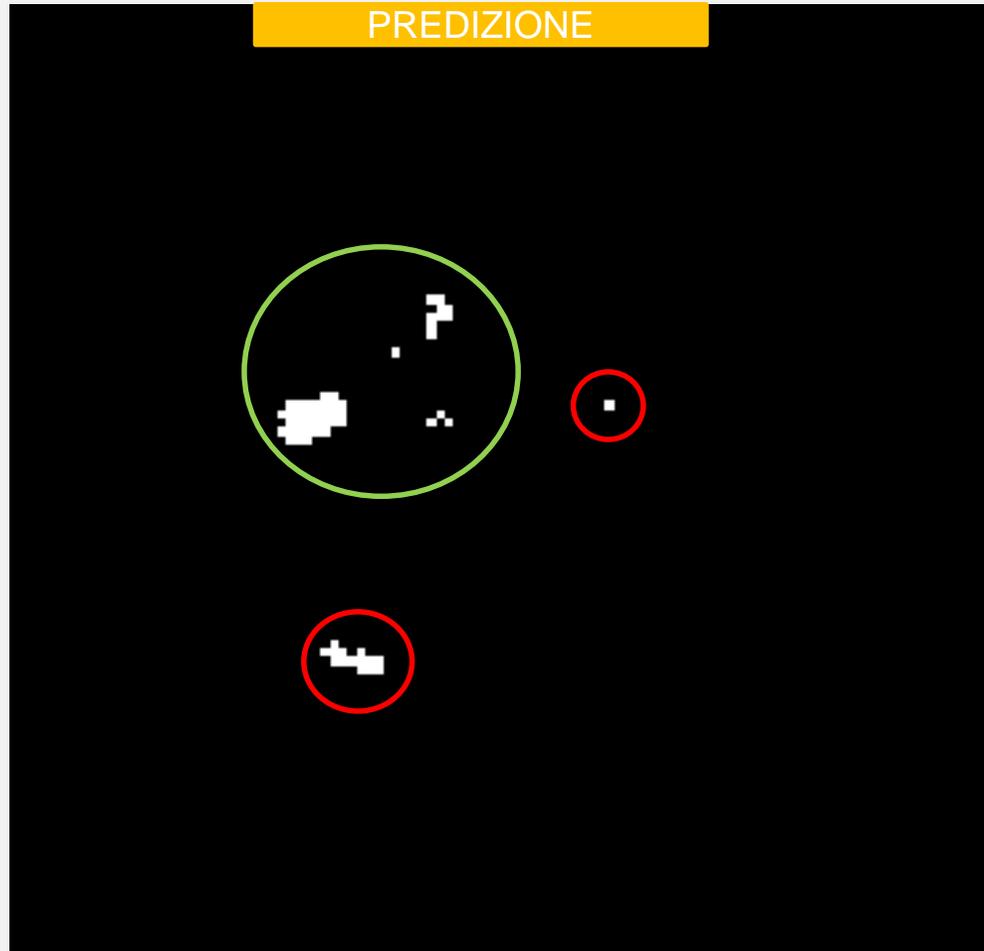
NORMALIZED CONFUSION MATRIX - TEST		
	SANO	LESIONE
SANO	66,4	33,6
LESIONE	2,5	97,5

$$Accuracy = \frac{TP}{TP + FN}$$

$$IoU = \frac{TP}{TP + FP + FN}$$

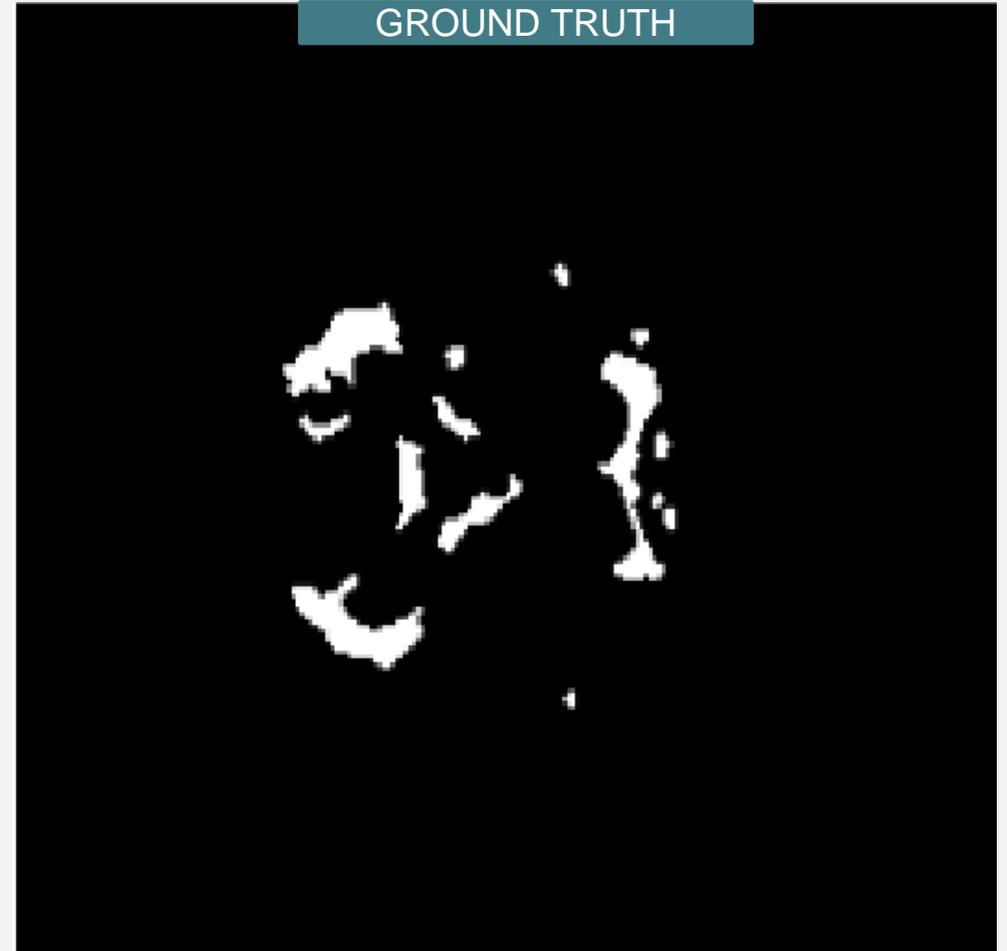
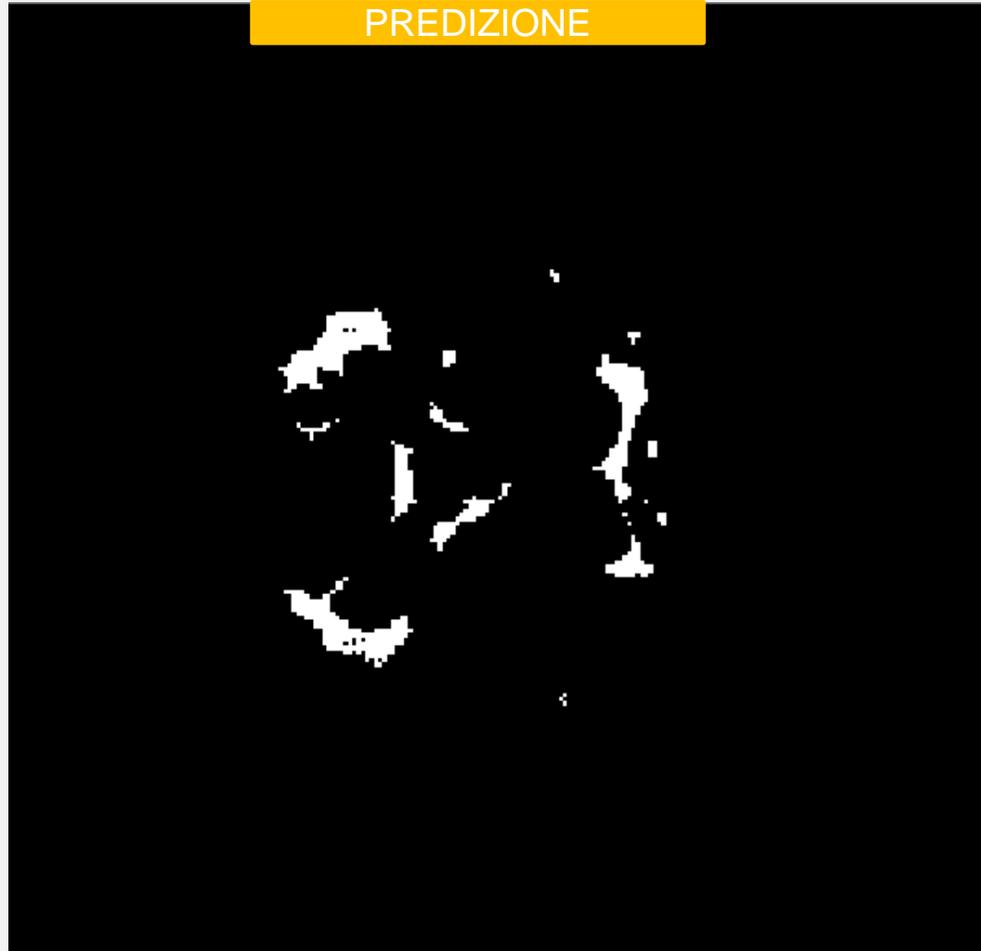
$$Mean\ BFScore = 2 * \frac{Precision * Recall}{Precision + Recall}$$

WORST CASE

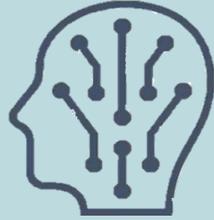


Accuratezza lesione 57% - Accuratezza sano 90%

BEST CASE  
Escludendo i Falsi Positivi



Accuratezza lesione 98% - Accuratezza sano 70%



## WORK IN PROGRESS

- **Addestramento con dati RGB**
- **Data Fusion & Post-Processing**

" Success in creating AI would be the biggest event in human history. Unfortunately, it might also be the last, unless we learn how to avoid the risks."

Stephen Hawking

