

# L'Intelligenza Artificiale al Servizio della Sanità

Innovazione e Applicazioni Cliniche



Prof. Daniele Ravi

Università degli Studi di Messina

2002



**S. Agata Militello, voti d'oro  
all'istituto tecnico «Torricelli»**

# 2007

Si erano diplomati a pieni voti, ora si sono laureati in Informatica con 110

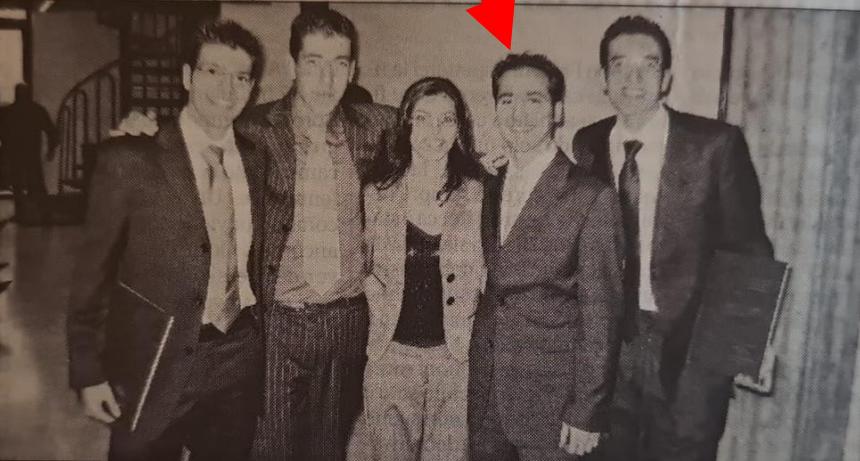
## Dal Torricelli «7 magnifici studenti»

(\*ndr) Dopo la maturità con il voto di "cento" conseguita all'esame di Stato, "sette magnifici" studenti dell'istituto industriale "Torricelli" della classe V A sezione informatica del 2002, hanno tagliato insieme il traguardo della laurea, sbancando nel punteggio di merito con il "pieno" della valutazione.

Elisa Barbagiovanni Gasparo, Giampiero Costantino, Giuseppina Gulli, Francesco Librizzi, Fabrizio Nocifora, Daniele Ravì e Gianluca Zangara, nell'ultima sessione di esami del 18 e 19 novembre, si sono laureati in informatica presso la facoltà di scienze matematiche fisiche e naturali dell'università di Catania. Per cinque di loro è arrivata anche la lode e la candidatura al "Premio Archimede", un riconoscimento di merito

per la carriera universitaria. Di diverso contenuto le tesi elaborate dai sette universitari: "Computer crimes", "Modellazione di sistemi per la Logistica Estesa", "applicazioni 3D della Cinematica Inversa", "Design Pattern", "Progettazione e realizzazione di gestione d'impresa", "Elaborazione Distribuita". A consolidare il gruppo

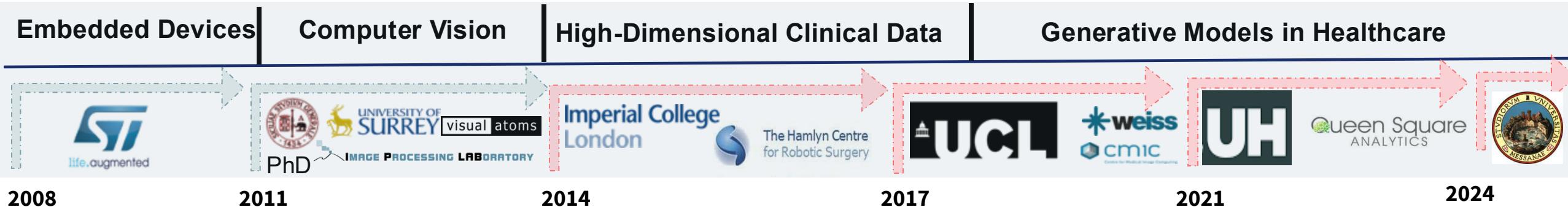
Gianluca Zangara, Franco Librizzi, Giuseppina Gulli, Giampiero Costantino e Fabrizio Nocifora



dei "magnifici sette" è stato il periodo formativo dei cinque anni trascorsi tra i banchi dell'industriale "Torricelli".

N.D.R.

# Il mio percorso professionale



Principali aree di ricerca:

Imaging medico

Modellazione della  
Progressione della Malattia

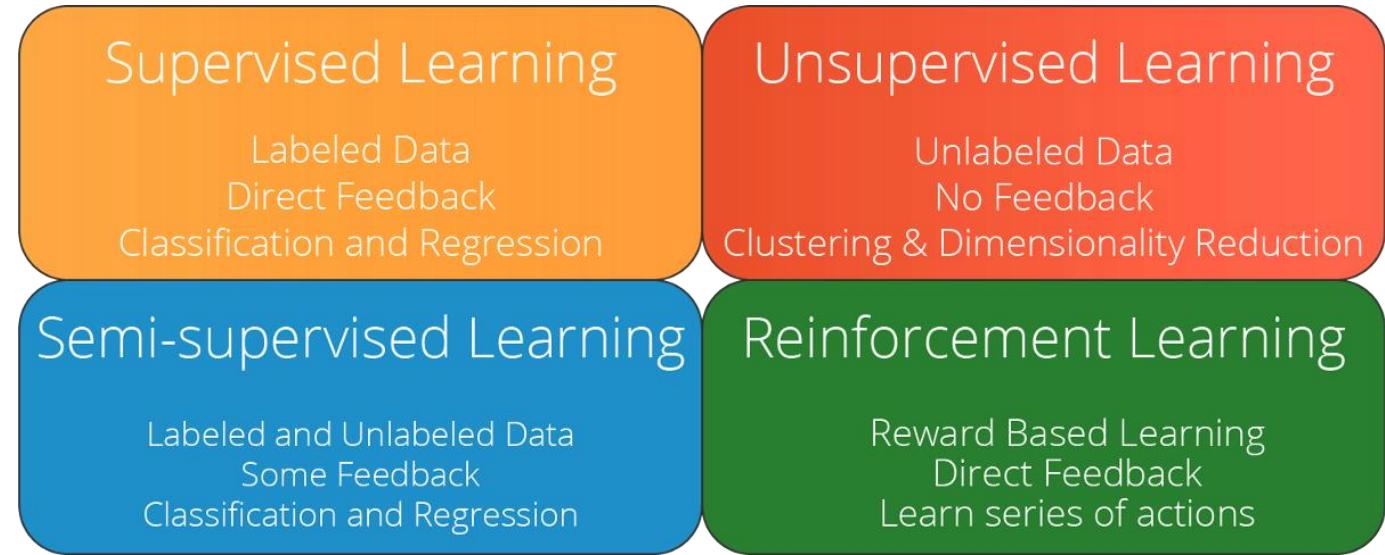
Modelli generativi nella  
salute

**La mia visione di ricerca è:**

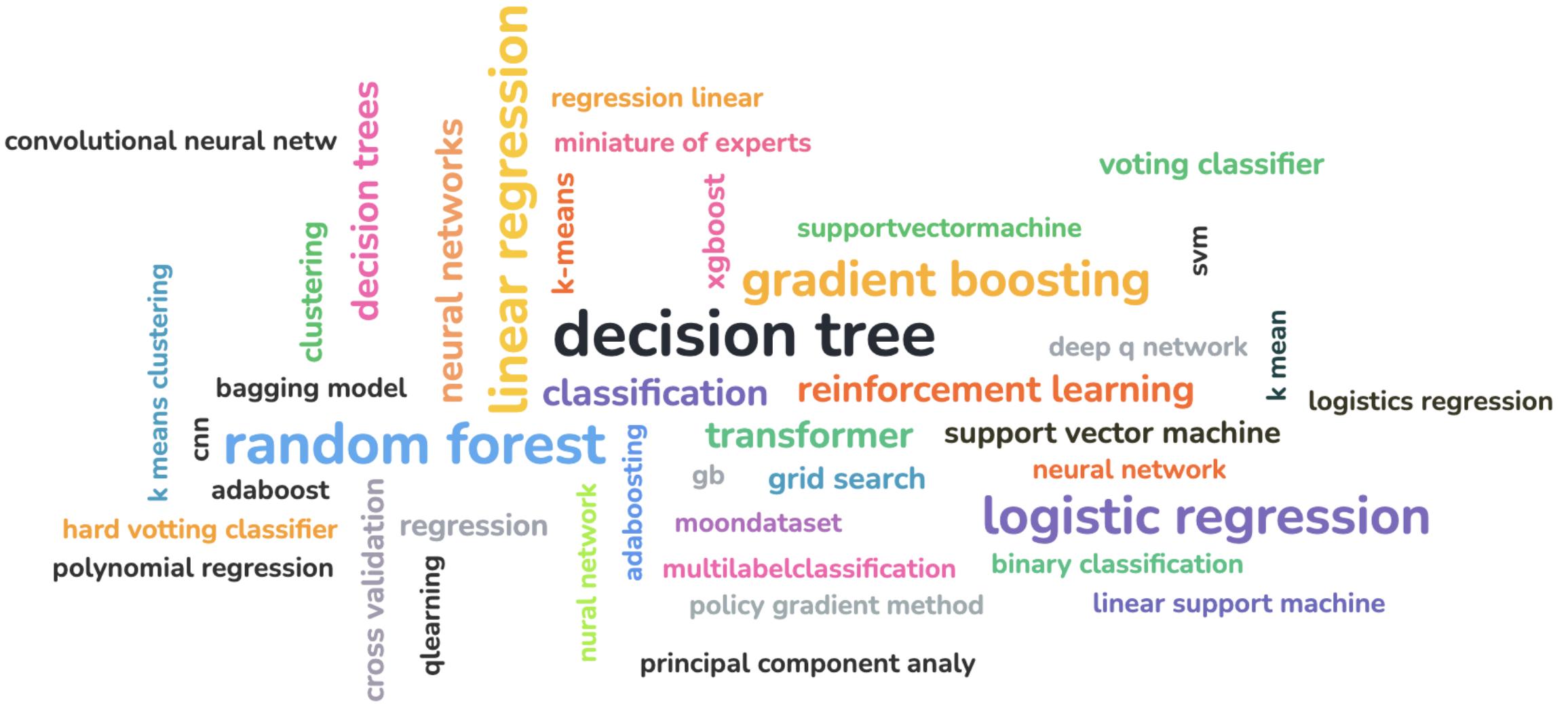
Applicare l'IA per risolvere problemi difficili che possono rivoluzionare il modo in cui identifichiamo le malattie, miglioriamo i trattamenti e il monitoraggio dei pazienti

# AI è una famiglia molto ricca!

- Supervised
  - Classificazione
  - Regressione
- Unsupervised
  - Clustering
  - Riduzione della dimensionalità
- Semi-supervised
  - Combina dati etichettati con dati non etichettati
- Active learning
  - Determina i dati più utili da etichettare successivamente



# Alcuni dei modelli di machine learning disponibili oggi



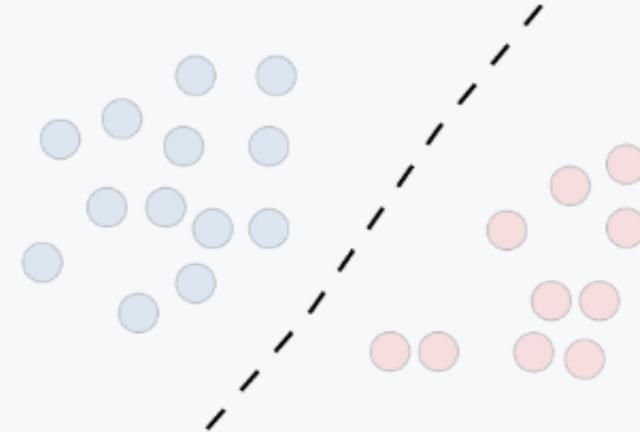
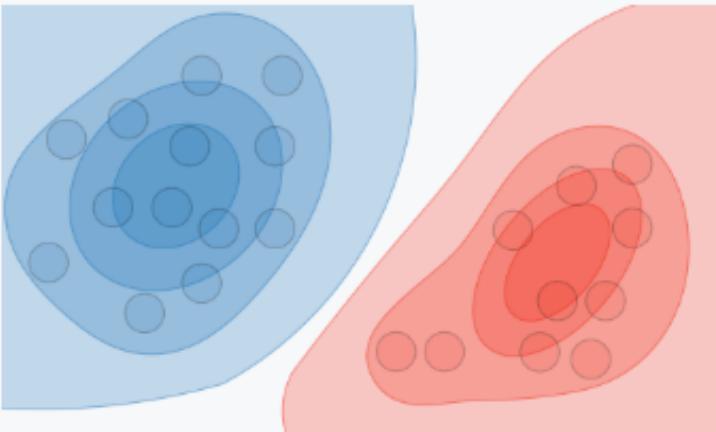
# Computer Vision

- La visione è difficile anche per gli esseri umani!
- Per una piccola patch di risoluzione 256x256 con valori di 256 pixel abbiamo un totale di  $2^{8 \times 256 \times 256} = 2^{524288}$  di immagini possibili
- Simile alle stelle nell'universo!

Riesci a individuare il bambino?



# Modelli discriminativi vs. generativi

	Discriminative model	Generative model
Goal	Directly estimate $P(y x)$	Estimate $P(x y)$ to then deduce $P(y x)$
What's learned	Decision boundary	Probability distributions of the data
Illustration		

## Modelli discriminativi:

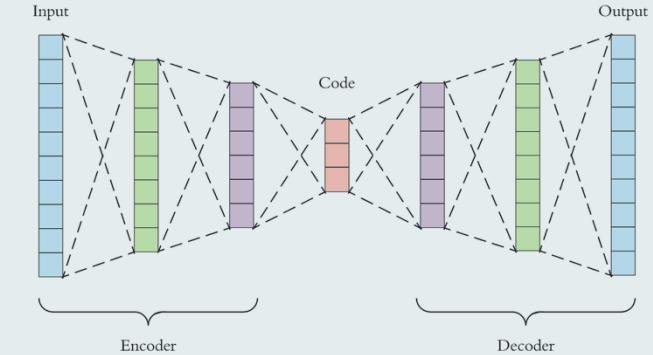
- Concentrati sull'apprendimento del confine tra le classi, senza modellare la distribuzione dei dati sottostante.

## Modelli generativi:

- Concentrati sull'apprendimento della distribuzione di probabilità sottostante dei dati
- Genera dati basati sulle distribuzioni di addestramento, con l'obiettivo di modellare il modo in cui i dati vengono generati nel mondo reale.

# Tassonomia dei modelli generativi per immagini

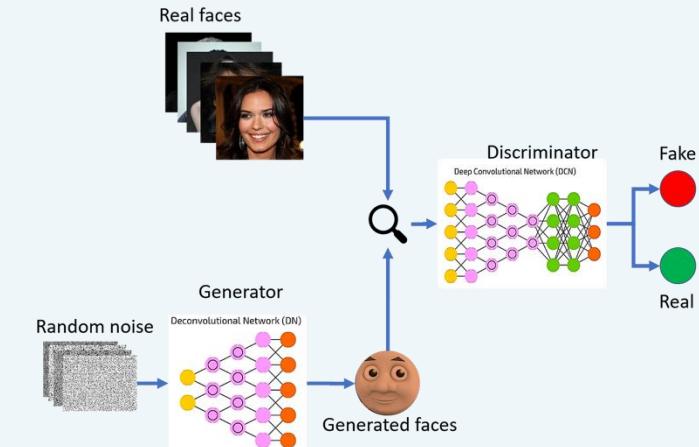
**Autoencoder (1982):** Utilizzato principalmente per la compressione dei dati, l'apprendimento di funzionalità e l'apprendimento non supervisionato.



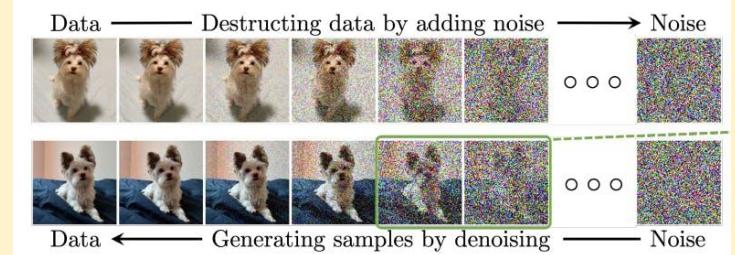
**Reti generative avversarie (2014):**

Utilizzato per generare nuovi campioni di dati

DC-GAN – CycleGAN – StyleGAN – ecc.



**Modelli di diffusione (2020):** apprendendo le distribuzioni di probabilità per generare nuovi campioni di dati.



# AI in Medical Imaging?



- L'infrastruttura sanitaria è in fase di trasformazione sia a causa dei progressi dell'intelligenza artificiale che della disponibilità di dati clinici di grandi dimensioni e ben organizzati, con l'imaging medico che svolge un ruolo fondamentale

## Doctors forced to work overnight shifts at last minute in NHS staffing crisis

Junior medics in England being sent home from day shifts and told to come back to plug gaps at night



### Letters

Recruitment drives alone won't fix the NHS staffing crisis

Anas Nader says the focus should be on retention, while Amanda Grantham looks to volunteer helpers. Plus Jeremy Seymour on early retirement and Dr Sharon Holland on apprenticeships



# AI applicato all'imaging medico promette di migliorare il sistema sanitario



L'intelligenza artificiale può migliorare i servizi medici:

1. Riduci i costi
2. Rendili più efficienti
3. Meno incline agli errori

# AI & Deep Learning

## Rapida diffusione dell'assistenza sanitaria:

- Molti centri medici che raccolgono e organizzano grandi set di dati dei pazienti
- Miglioramenti dell'hardware computazionale
  - Calcolo ad alte prestazioni
  - Informatica cloud
  - GPU
  - Archiviazione rapida dei dati



# Cos'è il Medical imaging?

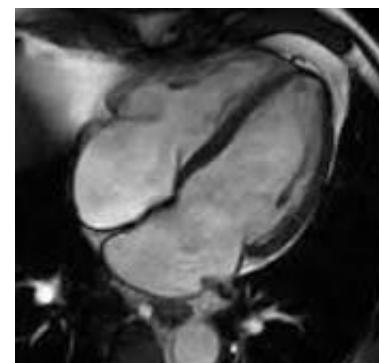
Comprende una serie di tecniche utilizzate per ottenere informazioni sui tessuti, con l'obiettivo di facilitare la diagnosi, il monitoraggio e il trattamento di varie condizioni di salute.



Chest  
X-rays



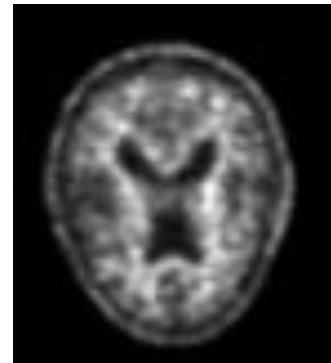
Brain  
Computed  
Tomography



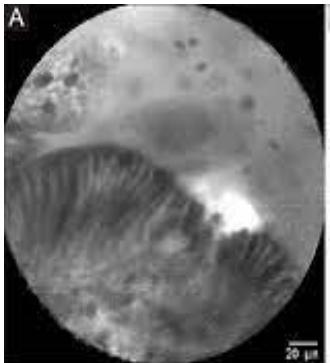
Cardiac  
MRI



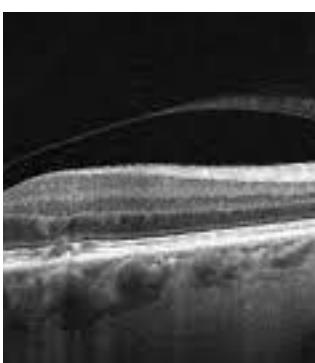
Abdominal  
Ultrasound



Brain  
Positron  
emission  
tomography



Tissue  
Endomicroscopy



Retina  
Optical  
Coherence  
Tomography

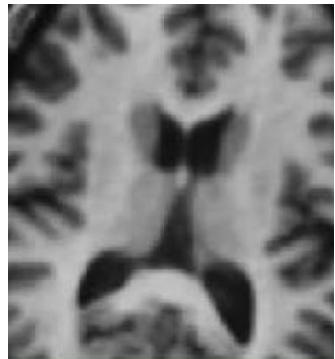
E molti altri.....

1. Functional MRI- fMRI
2. Hyperspectral imaging
3. Diffusion MRI

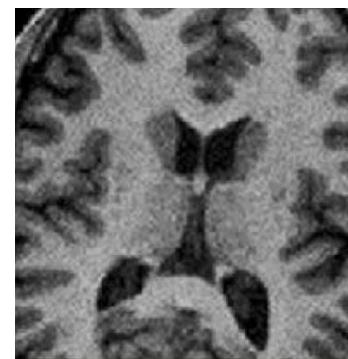
4. Endoscopy
5. Fluoroscopy
6. Angiography
7. Mammography

# The Game Changers of Generative Models

## Super-Resolution / Reconstruction

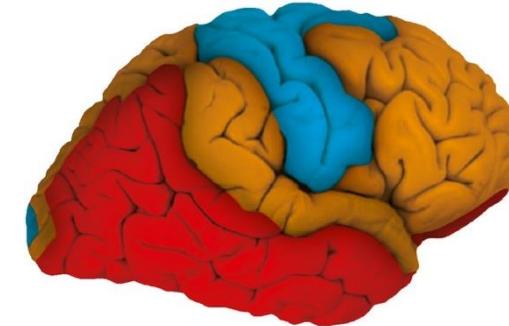


Low Resolution

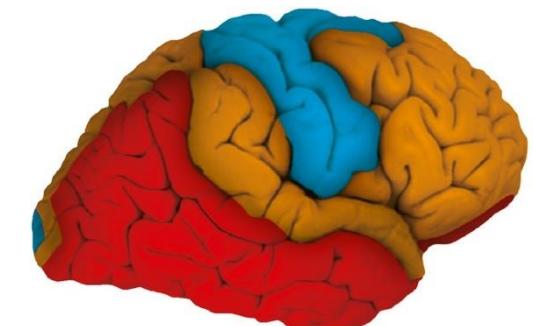


High Resolution

## Disease Progression

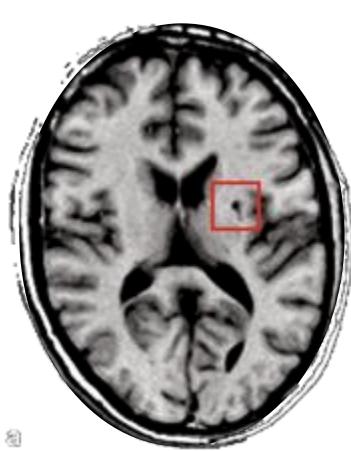


Brain at age 40

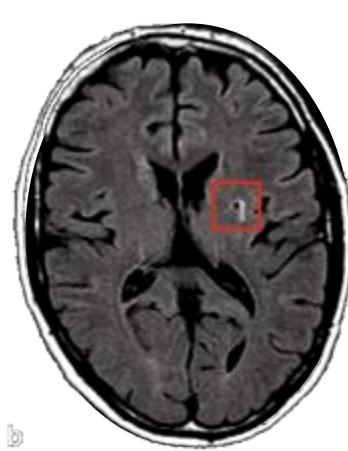


Brain at age 60

## Artefacts and Quality Control



a

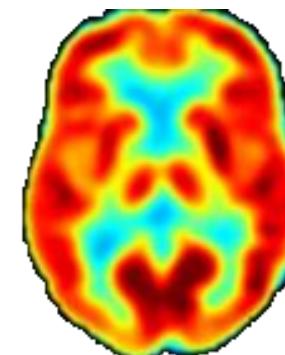


b

## Image-To-Image Translation



MRI



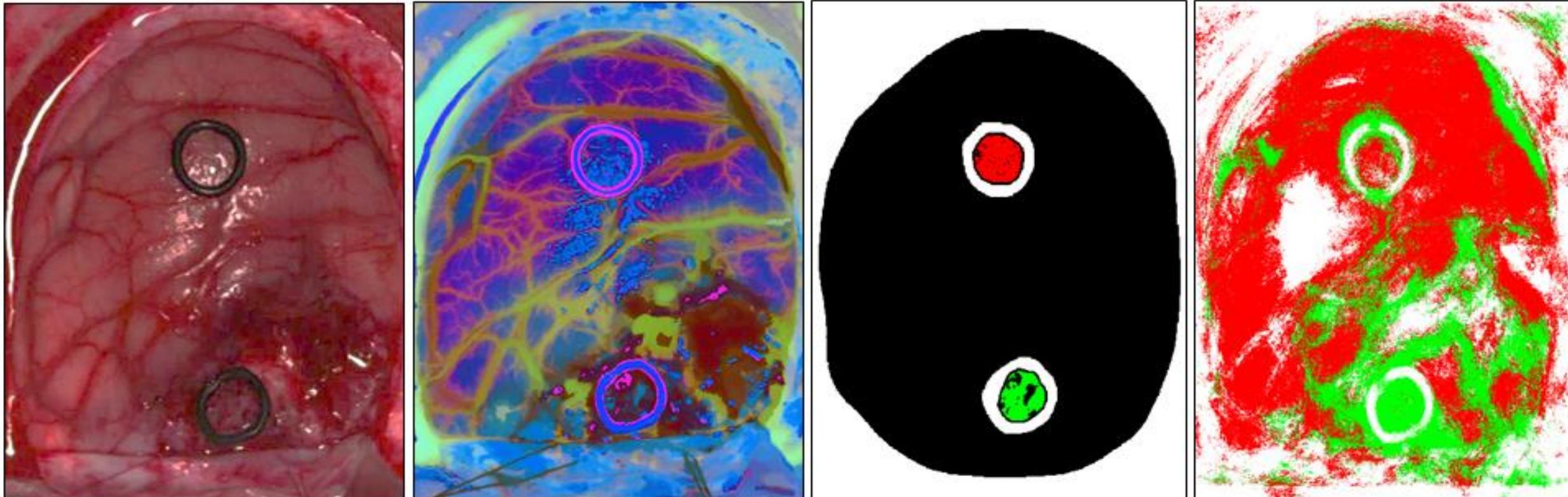
PET

# Imaging iperspettrale: rilevamento del cancro



Ravi, D., Fabelo, H., Callic, G.M. and Yang, G.Z., 2017. Manifold embedding and semantic segmentation for intraoperative guidance with hyperspectral brain imaging. *IEEE transactions on medical imaging*, 36(9), pp.1845-1857.

# Imaging iperspettrale: risultati visivi



RGB image

Embedded  
output

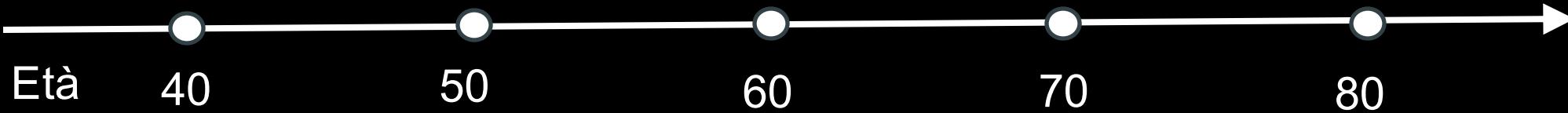
Ground truth

Classification  
map

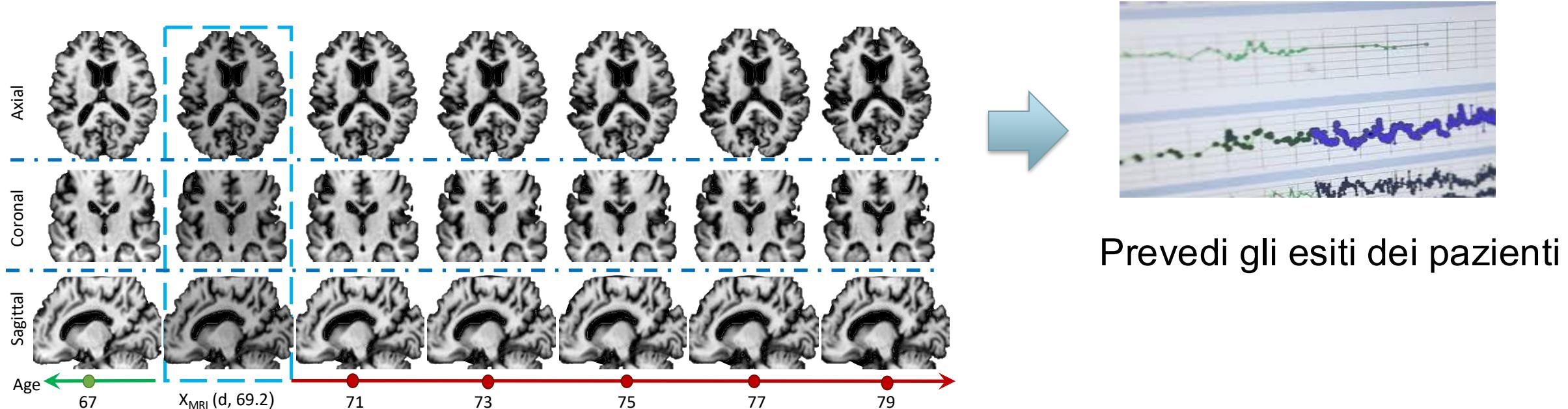
# Disease Progression Modelling







# Image-Based Disease Progression Modelling



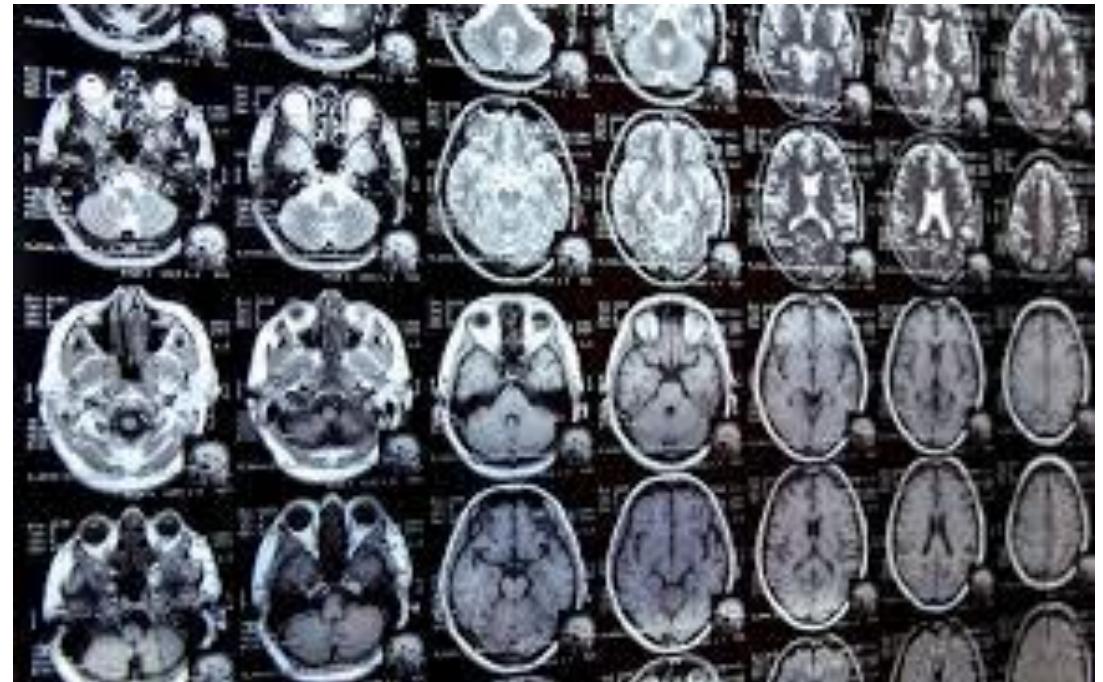
Prevedi gli esiti dei pazienti

- **Scopo:**
  - Impara e simula la progressione della malattia nella risonanza magnetica
- **Challenges:**
  - Problema ad alta dimensionalità ( $3D \rightarrow 3D + \text{tempo}$ )
  - Immagini ad alta risoluzione
  - Previsione specifica per soggetto

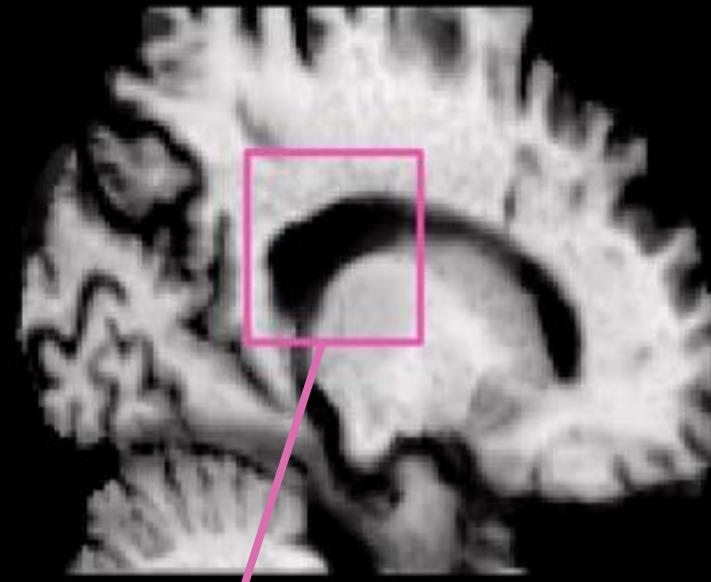
# Image-Based Disease Progression Modelling: Dataset

## ADNI

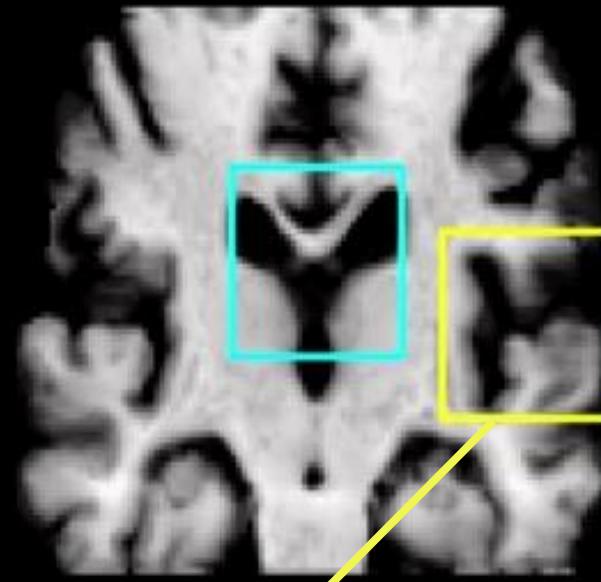
- 12386 T1-weighted MRI (1mm)
  - 1216 patients (aged between 63 to 87)
  - 3 different diseases + normal ageing
- 
- Training: 80%
  - Test: 10%
  - Validation: 10%
- 
- Training Time: 2 giorni su HPC con 50 GPU



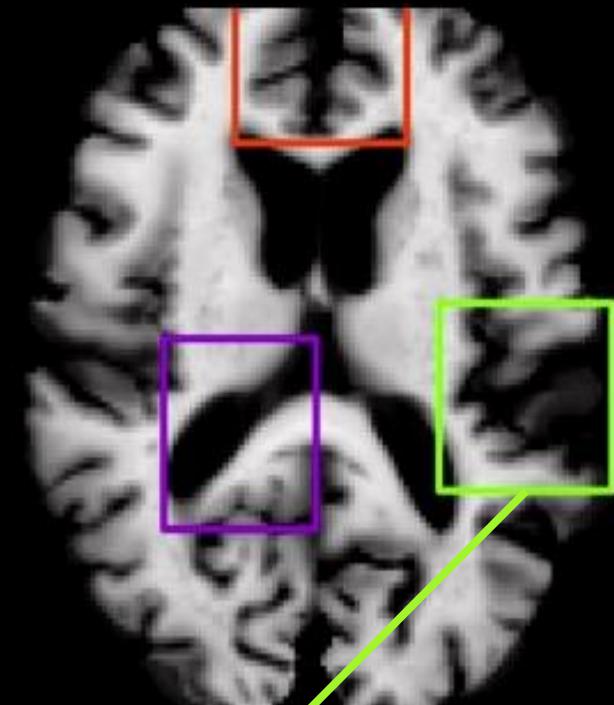
Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative



Sagittal



Coronal



Axial



# Conclusione, limitazione e sfide

- AI nell'imaging medico emerge come un campo vitale nel settore sanitario
- Ci sono ancora numerose sfide da superare sul campo:
  - Dataset grandi e costosi
  - Privacy: Federated Learning / Memorizzazione
  - Dataset sbilanciati: Modelli generativi
  - Interpretabilità: Explainable AI
  - Overfitting: Domain Adaptation

# AI-HealthLab

Ricerca interdisciplinare per la sanità personalizzata

- Diagnosi precoce di Cancro e Alzheimer
- Supporto intelligente in chirurgia
- Ottimizzazione qualità dati nei trial clinici

## MICCAI 2024 Award

Runner-Up Best Paper

"Brain Latent Progression: Individual-based spatiotemporal disease progression on 3D Brain MRIs via latent diffusion"

con Lemuel Puglisi, Daniel C. Alexander



Benvenuti nel sito del gruppo di ricerca AI-HealthLab



Siamo un gruppo di ricerca interdisciplinare all'Università di Messina, dedicato allo sviluppo di soluzioni avanzate basate su **intelligenza artificiale** per affrontare le principali sfide della salute.

Il nostro obiettivo è ideare nuove architetture AI per:  
- Diagnosi precoce di patologie come **cancro e Alzheimer**.  
- Supporto intelligente in **chirurgia** e alle decisioni cliniche.  
- Studio di sensori per il monitoraggio **personalizzato dei pazienti**.  
- Controllo e ottimizzazione della qualità dei dati nei **trial clinici**.

Siamo attivamente coinvolti in progetti internazionali, con risultati pubblicati su riviste di alto livello e conferenze internazionali.

Il nostro ambiente è guidato da una visione inclusiva, innovativa e multidisciplinare, con l'impegno costante nel trasferimento di tecnologie



# FIS-3 Funding

AI-Powered Digital Twins per la Neurodegenerazione

**€1.293.120 | 2026-2031**

Obiettivo: Ridurre costi studi clinici del 50% tramite gemelli digitali virtuali

# References

- **Ravi, D.**, Barkhof, F, Alexander, D.C., GJM Parker, A Eshaghi, “An efficient semi-supervised quality control system trained using physics-based MRI-artefact generators and adversarial training” submitted on Medical Image Analysis, 2022. **IF 13.828 - Q1**
- **Ravi, D.**, Blumberg, S.B., Ingala, S., Barkhof, F., Alexander, D.C. and Oxtoby, N.P. “Degenerative Adversarial NeuroImage Nets for Brain Scan Simulations: Application in Ageing and Dementia”. Medical Image Analysis, 2022. **IF 13.828 - Q1**
- K. Mengoudi, **D. Ravi**, K. X X Yong, S. Primativo, I. M Pavisic, E. Brotherhood, K. Lu, J. M Schott, S. J Crutch, D. C Alexander, “Augmenting Dementia Cognitive Assessment with Instruction-less Eye-tracking Tests” Journal of Biomedical and Health Informatics 2020 **IF 7.021 - Q1**
- L. Puglisi, A Eshaghi, G. Parker, F. Barkhof, D. C. Alexander, **D. Ravi**, “DeepBrainPrint: A Novel Contrastive Framework for Brain MRI Re-Identification” submitted at MIDL 2023
- F. Trenta, S. Battiatto, **D. Ravi**, “An Explainable Medical Imaging Framework for Modality Classifications Trained Using Small Datasets”. In International Conference on Image Analysis and Processing 2022 (pp. 358-367). Springer, Cham. (Oral presentation)
- **D. Ravi**, D. C. Alexander, N. Oxtoby “Degenerative Adversarial NeuroImage Nets: Generating Images that Mimic Disease Progression” International Conference on Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention. Springer, Cham, 2019. p. 164-172.
- **D. Ravi**, A.B. Szczotka, D. I. Shakir, S. P Pereira, T. Vercauteren - “Adversarial training with cycle consistency for unsupervised super-resolution in endomicroscopy”, Medical Imaging with Deep Learning (MIDL), 2018 (Oral Presentation)

# Domande??



Prof. Daniele Ravi  
Dipartimento MIFT – Università di Messina

Email: [dravi@unime.it](mailto:dravi@unime.it)

Sito Web: <https://ai-healthlab.unime.it/>