

CORSO OMCT - RADIOPROTEZIONE

AI nella pratica radiologica quotidiana

Ottimizzazione della dose e dei protocolli di acquisizione

Fabio Mattiussi

Responsabile sviluppo e implementazione progetti AI, IDISI



Roadmap

01

Fondamenti di AI

Intelligenza artificiale, machine learning, deep learning, e come un algoritmo "vede" un'immagine.

02

Dove l'AI incontra la radioprotezione

Software AI già in uso per ridurre la dose e ottimizzare i protocolli di acquisizione, esempio per esempio.

03

Cosa può andare storto

I limiti tecnici da conoscere, prima di parlare di appropriatezza e responsabilità professionale.

01

Fondamenti di AI

Cos'è l'intelligenza artificiale

L'Intelligenza Artificiale (AI) è un ramo dell'informatica che permette la realizzazione di **sistemi** sia **hardware** che **software** capaci di dotare i computer di **caratteristiche** che vengono considerate tipicamente **umane**.

Cos'è il Machine Learning

Il Machine Learning è la tecnica con la quale si programma una macchina in modo che abbia l'abilità di **apprendere** dai dati in **maniera autonoma**.

Machine Learning: tre modi di imparare



Supervisionato



Non Supervisionato



Con Rinforzo

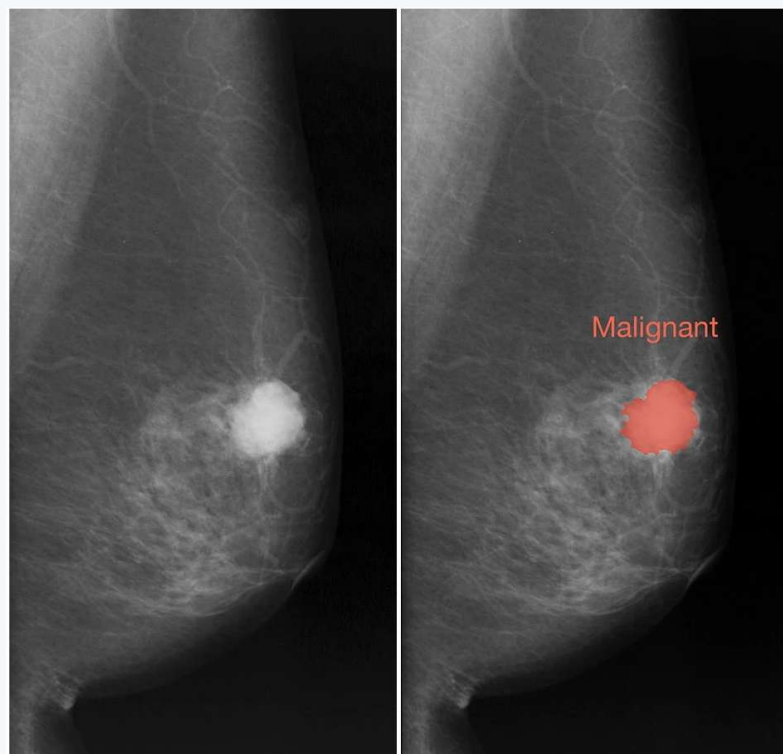
Supervisionato

Programmi che si allenano tramite l'analisi di dati costituiti da **input** e **output etichettati**



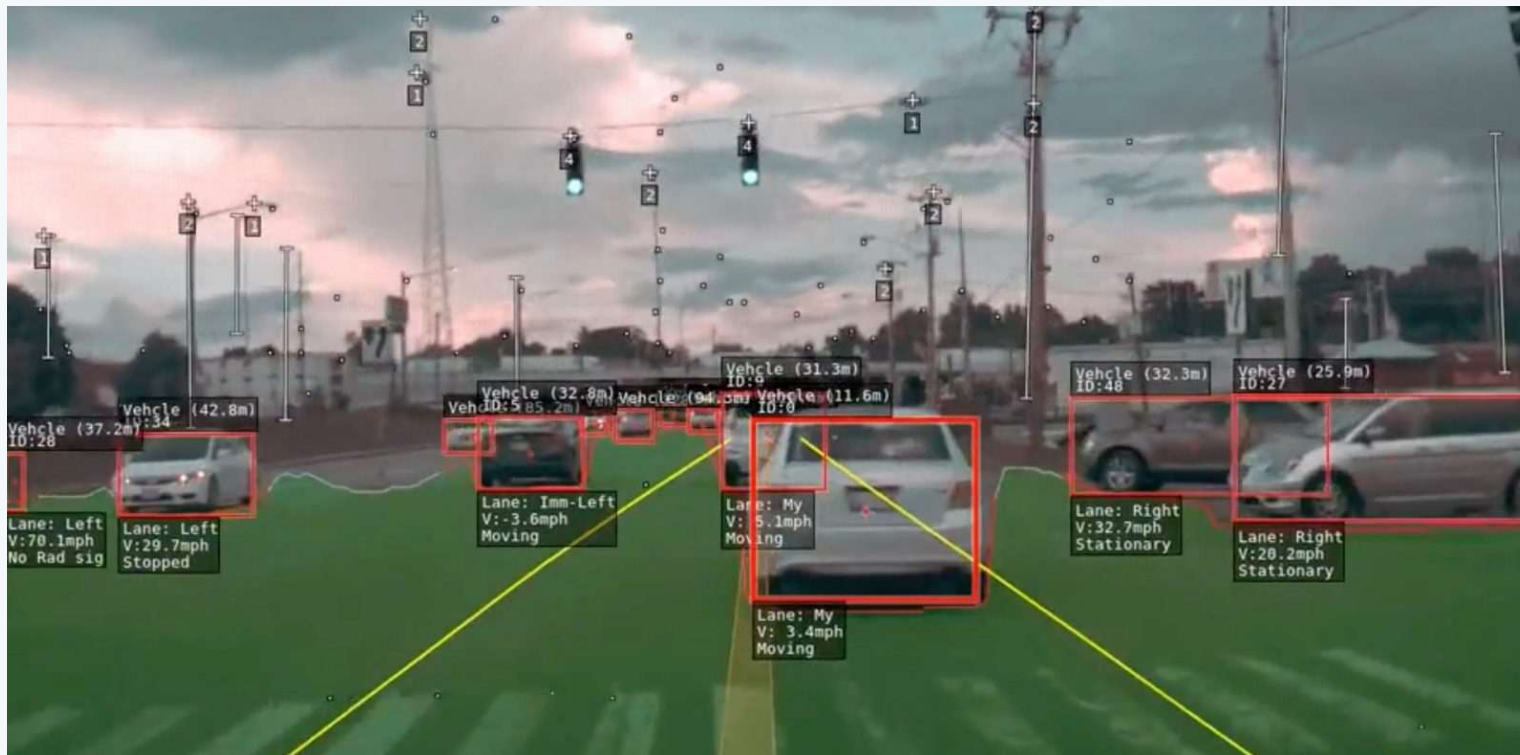
Non Supervisionato

Si allenano tramite l'analisi di dati costituiti da **input non etichettati**



Con Rinforzo

Imparano dai **propri errori** e continuano a ripetere il loro allenamento fino a ridurre al minimo gli errori commessi



Machine Learning in radiologia: esempi



Supervisionato

- Rilevazione di fratture
- Segmentazione di masse/organi
- Centratura automatica paziente



Non supervisionato

- Analisi di big data clinici
- Clustering pazienti per protocolli TC
- Segmentazione masse/organi



Con rinforzo

- Pianificazione in radioterapia
- Sistemi che si auto-ottimizzano nel tempo

Cos'è il Deep Learning

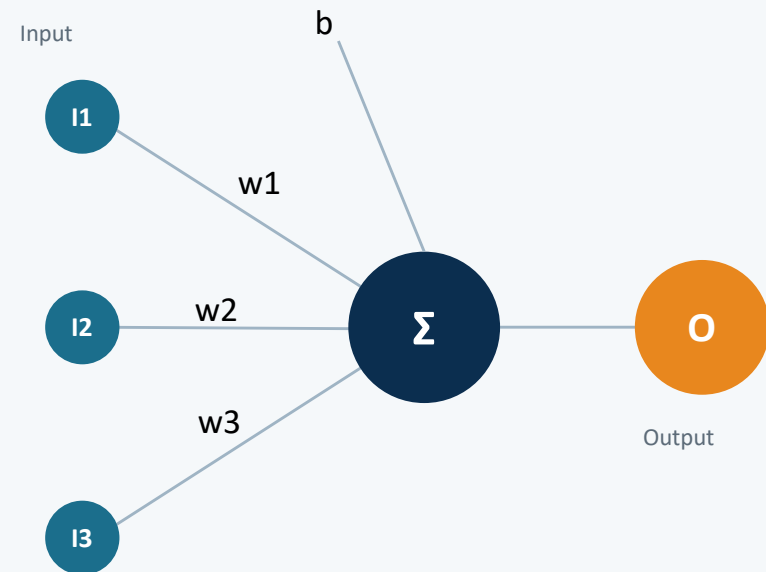
Il Deep Learning è una branca del Machine Learning che utilizza **Reti Neurali Artificiali** per modellare e **comprendere dati complessi**. Si ispira alla struttura del cervello umano.

Deep Learning e reti neurali

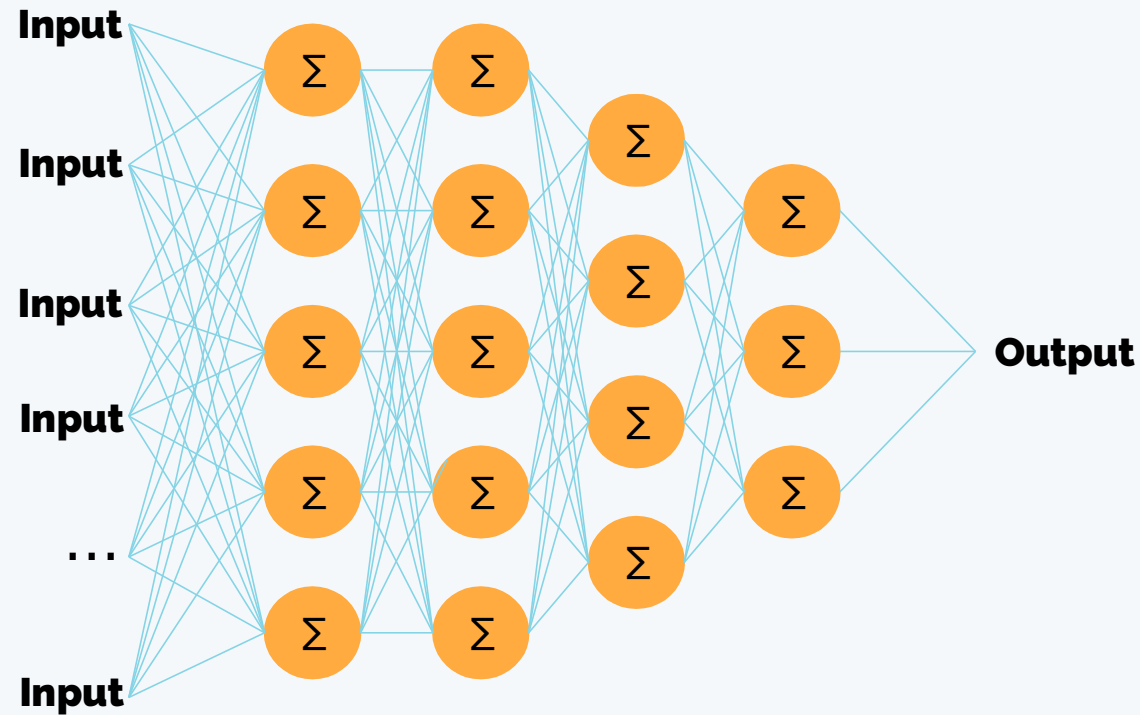
Il Deep Learning è la branca del Machine Learning che usa reti neurali artificiali, ispirate alla struttura del cervello umano, per modellare dati complessi come le immagini.

Output:

$$f(x) = f((I1 \cdot w1) + (I2 \cdot w2) + (I3 \cdot w3) + b)$$



BlackBox



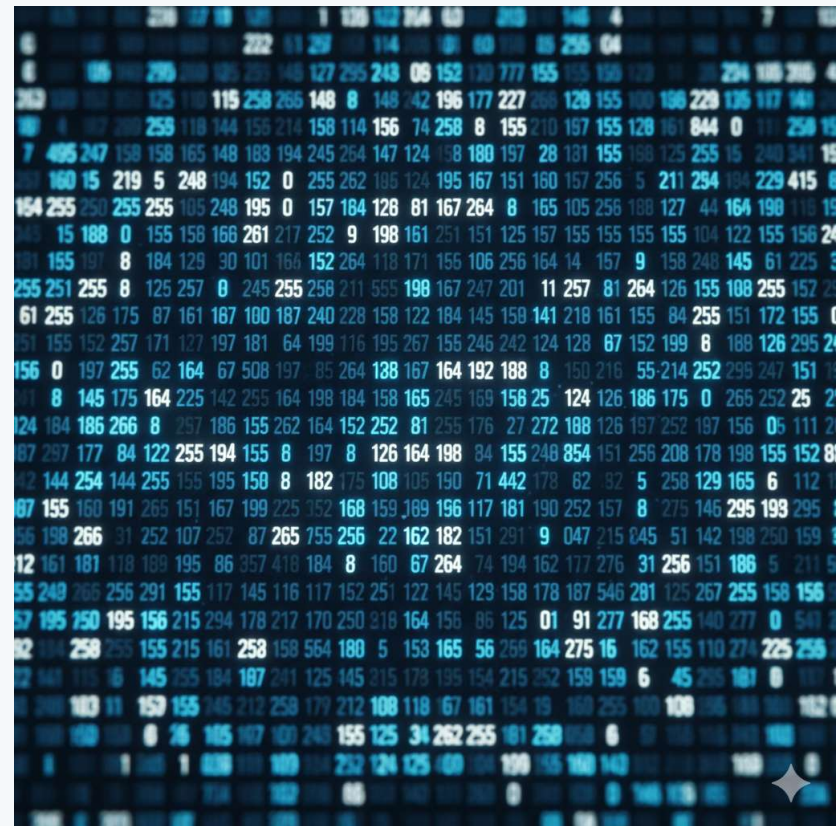
Output:

$$\widehat{(y)} = \sigma_L \left(\sum_{(k=1)}^{(N_L)} w_{(1,k)}^{(L)} \cdot \sigma_{(L-1)} \left(\sum_{(j=1)}^{(N_{(L-1)})} w_{(k,j)}^{(L-1)} \cdot \sigma_{(L-2)} \left(\dots \sigma_2 \left(\sum_{(m=1)}^{(N_2)} w_{(p,m)}^{(2)} \cdot \sigma_1 \left(\sum_{(i=1)}^{(N_1)} w_{(m,i)}^{(1)} x_i + b_m^{(1)} \right) + b_p^{(2)} \right) \dots \right) + b_k^{(L-1)} \right) + b_1^{(L)} \right)$$

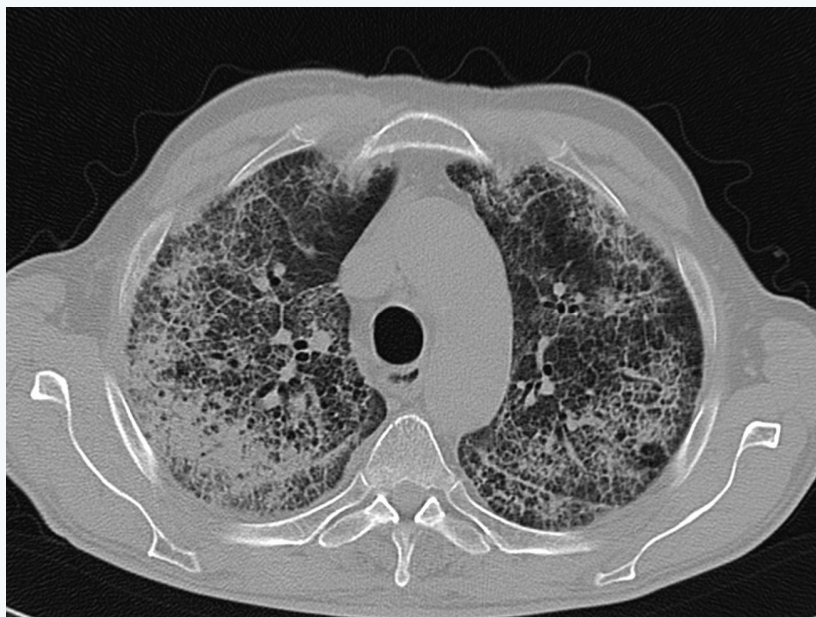
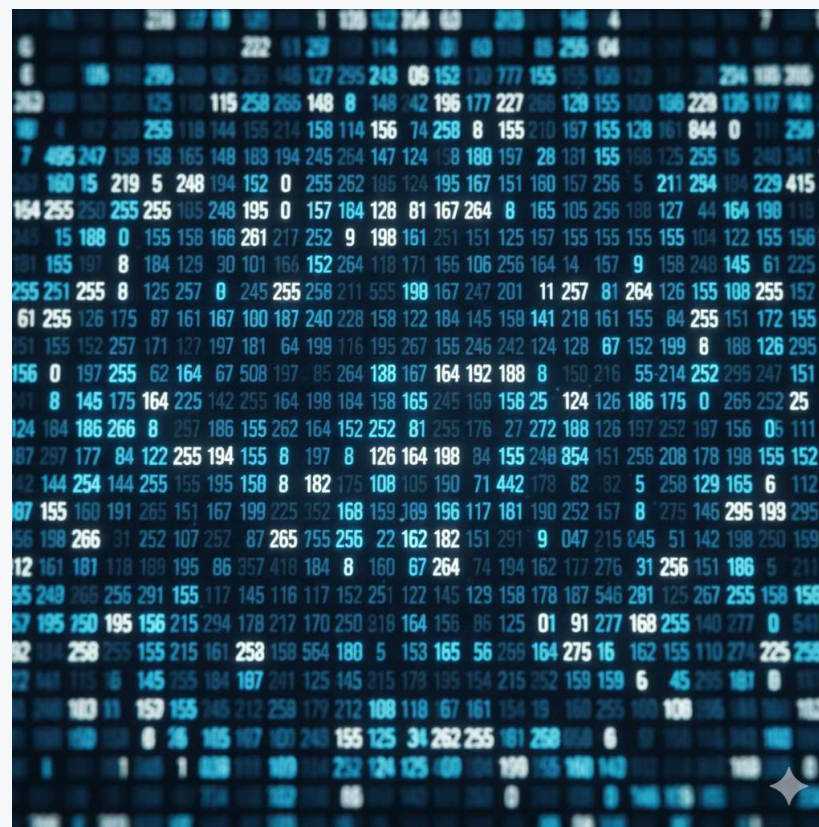
Come "vede" un'immagine il computer



Per il computer un'immagine è solo una **serie di numeri**



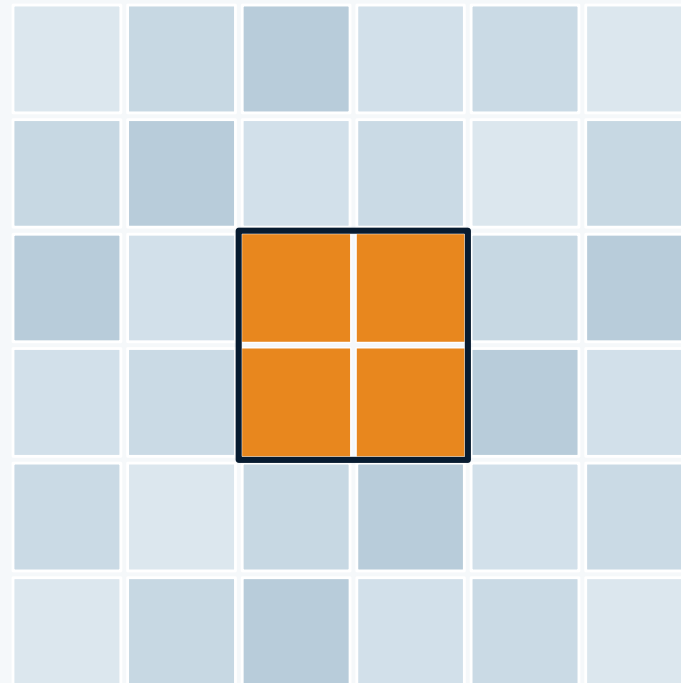
L'AI non vede "un polmone", vede una **matrice di numeri**. Il suo compito è trovare **schemi** (pattern) in questi numeri.



Esempio: Reti Neurali Convoluzionali (CNN)

La CNN è come un ispettore con una lente d'ingrandimento.

Analizza piccoli **gruppi** di **pixel** alla volta per cercare **caratteristiche** specifiche.



02

Dove l'AI incontra la radioprotezione

Centrata automatica del paziente in TC



Telecamere 3D e algoritmi di visione artificiale posizionano il paziente sull'isocentro senza intervento manuale del TRM.

-Standardizza il posizionamento riducendo la variabilità tra operatori.

Impatto sulla dose: un centraggio corretto evita sovradosaggi legati a un isocentro spostato.



Errore di posizionamento automatico

Isocentro errato

Oggetti esterni come coperte spesse, cavi o posture asimmetriche possono ingannare il sistema di visione artificiale, che li interpreta come parte del corpo. Questo errore sposta il centro di rotazione, causando una distribuzione errata della dose e una peggiore qualità dell'immagine.

Riduzione del rumore, riduzione della dose

Algoritmi di Deep Learning "puliscono" il rumore dell'immagine TC generato da basse dosi di radiazione.

A parità di qualità diagnostica percepita, si può scansionare con meno dose (immagini a confronto: dose standard sopra, dose ridotta sotto).

Impatto sulla dose: consente di abbassare la dose erogata mantenendo la leggibilità clinica.



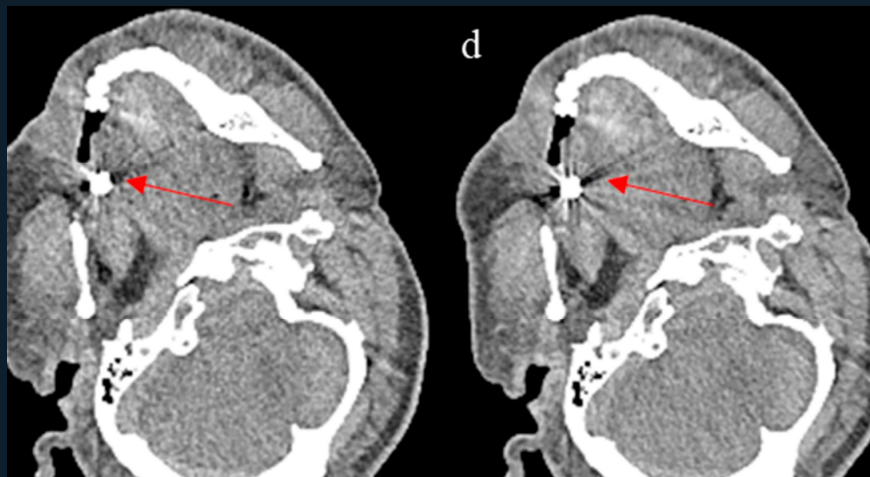


Over-smoothing in ricostruzione

Cancellazione di patologia sottile

Gli algoritmi di Deep Learning per la riduzione del rumore, addestrati a massimizzare la pulizia dell'immagine, possono scambiare dettagli anatomici reali ma tenui, come il vetro smerigliato o la trama ossea, per rumore statistico, eliminando segni patologici cruciali.

Riduzione degli artefatti da metallo



Protesi, clip chirurgiche e altri impianti metallici generano artefatti a stella che oscurano le strutture vicine.

Il software ricostruisce l'immagine riducendo questi artefatti, senza richiedere una nuova acquisizione.

Impatto sulla dose: meno ripetizioni dell'esame significano meno dose cumulativa per il paziente.

Altri esempi



Mammografia digitale

Identifica automaticamente aree sospette di tumore al seno, con un punteggio di anomalia a supporto della diagnosi precoce.



Radiografie del torace

Un singolo esame analizzato per identificare fino a 124 tipologie di reperti clinici diversi.



RX per età ossea

Calcolo automatico dell'età ossea dalla radiografia mano polso



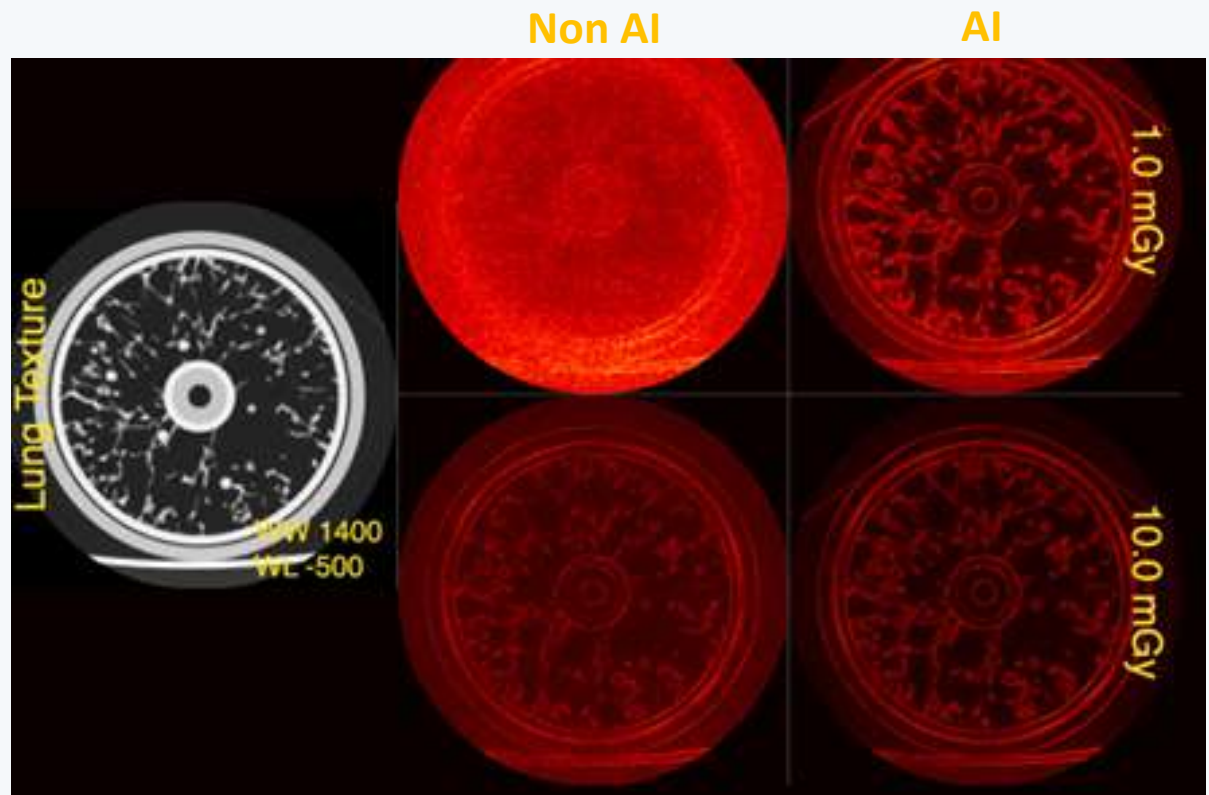
Fratture scheletriche

Rileva automaticamente le fratture sulle radiografie, come secondo controllo prima del referto.

Ricostruzione delle immagini con Deep Learning (DLR)

Impatto sulla dose:

la ricostruzione, non solo l'acquisizione, è oggi un punto d'intervento dell'AI sulla dose



Due principi da ricordare

Prima di passare la parola su appropriatezza e responsabilità



Il primo filtro è umano

Garbage in, garbage out

L'AI dipende totalmente dalla qualità dell'immagine acquisita. Un posizionamento errato, un artefatto da movimento o un parametro di scansione sbagliato possono indurre l'AI a **vedere patologie inesistenti** (falsi positivi) o a **non vedere quelle reali** (falsi negativi).

Il potenziale tecnico c'è.

Ma la domanda viene prima:

l'esame era giustificato?

Appropriatezza e giustificazione dell'esame radiologico - Dr. med. Giorgio Robuffo

CORSO OMCT - RADIOPROTEZIONE

Fine!

Fabio Mattiussi

Responsabile sviluppo e implementazione progetti AI, IDISI

