



ASSOCIAZIONE ITALIANA
DI MEDICINA NUCLEARE
IMAGING MOLECOLARE E
TERAPIA

BIG DATA, AI & ONCOLOGIA NUCLEARE: "QUESTO MATRIMONIO S'HA DA FARE"?

5 FEBBRAIO 2026 ROMA, CENTRO STUDI CARDELLO



Il Machine learning e il Deep learning spiegati al medico nucleare

Francesco Bianconi

Dipartimento di Ingegneria
Università degli Studi di Perugia

bianco@ieee.org

www.bianconif.net



ASSOCIAZIONE ITALIANA
DI MEDICINA NUCLEARE
IMAGING MOLECOLARE E
TERAPIA

BIG DATA, AI & ONCOLOGIA NUCLEARE: "QUESTO MATRIMONIO S'HA DA FARE"?

5 FEBBRAIO 2026 ROMA, CENTRO STUDI CARDELLO



Sommario

- **Introduzione e background**
- **Concetti chiave**
- **Il Machine learning (ML)**
- **Il Deep learning (DL)**
- **ML e DL a confronto**



ASSOCIAZIONE ITALIANA
DI MEDICINA NUCLEARE
IMAGING MOLECOLARE E
TERAPIA

BIG DATA, AI & ONCOLOGIA NUCLEARE: "QUESTO MATRIMONIO S'HA DA FARE"?

5 FEBBRAIO 2026 ROMA, CENTRO STUDI CARDELLO



Introduzione e background



ASSOCIAZIONE ITALIANA
DI MEDICINA NUCLEARE
IMAGING MOLECOLARE E
TERAPIA

BIG DATA, AI & ONCOLOGIA NUCLEARE: "QUESTO MATRIMONIO S'HA DA FARE"?

5 FEBBRAIO 2026 ROMA, CENTRO STUDI CARDELLO



Intelligenza artificiale: definizione

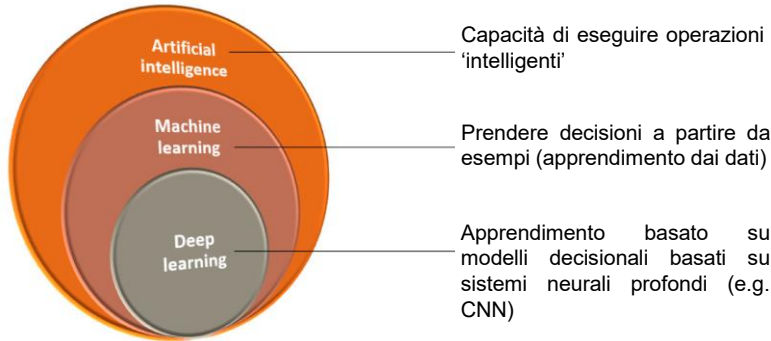
- Lo studio e lo sviluppo di sistemi computerizzati capaci di replicare comportamenti intelligenti degli esseri umani ([Oxford's Learners Dictionaries](#))



BIG DATA, AI & ONCOLOGIA NUCLEARE: "QUESTO MATRIMONIO S'HA DA FARE"?
 5 FEBBRAIO 2026 ROMA, CENTRO STUDI CARDELLO



Intelligenza artificiale, *machine learning* e *deep learning*



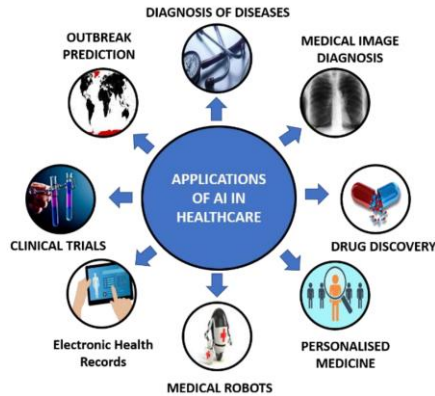
Adattato da [S. Busnatu et al.](#), Journal of Clinical medicine, 2022 [CC BY 4.0](#).



BIG DATA, AI & ONCOLOGIA NUCLEARE: "QUESTO MATRIMONIO S'HA DA FARE"?
 5 FEBBRAIO 2026 ROMA, CENTRO STUDI CARDELLO



Intelligenza artificiale: applicazioni in ambito medico



Da [S. Pandya et al.](#), Sensors, 2021 [CC BY 4.0](#).



ASSOCIAZIONE ITALIANA
DI MEDICINA NUCLEARE
IMAGING MOLECOLARE E
TERAPIA

BIG DATA, AI & ONCOLOGIA NUCLEARE: "QUESTO MATRIMONIO S'HA DA FARE"?

5 FEBBRAIO 2026 ROMA, CENTRO STUDI CARDELLO



Applicazioni in oncologia nucleare

➤ Diagnostica assistita

1. Benigno vs. maligno
2. Primario vs. metastatico
3. Sottotipo istologico

➤ Stratificazione

1. Predizione sopravvivenza

➤ Pianificazione terapia

1. Predizione risposta alla terapia e relativa scelta terapeutica



ASSOCIAZIONE ITALIANA
DI MEDICINA NUCLEARE
IMAGING MOLECOLARE E
TERAPIA

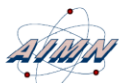
BIG DATA, AI & ONCOLOGIA NUCLEARE: "QUESTO MATRIMONIO S'HA DA FARE"?

5 FEBBRAIO 2026 ROMA, CENTRO STUDI CARDELLO



Machine learning e Deep learning: cosa sono?

- Sistemi che realizzano **predizioni** in contesti specifici
 1. **Classificazione**: predire un'etichetta di classe (e.g. il fenotipo di una lesione sospetta—benigno vs. maligno)
 2. **Regressione**: predire un numero (e.g. sopravvivenza OS, DFS)
- Richiedono **apprendimento (training)** basato su dati **etichettati**
- Differiscono per gli algoritmi utilizzati
 - **Machine learning**:
 - Feature engineering + modelli di classificazione/regressione
 - **Deep Learning**:
 - Reti convoluzionali (CNN)



ASSOCIAZIONE ITALIANA
DI MEDICINA NUCLEARE
IMAGING MOLECOLARE E
TERAPIA

BIG DATA, AI & ONCOLOGIA NUCLEARE: "QUESTO MATRIMONIO S'HA DA FARE"?

5 FEBBRAIO 2026 ROMA, CENTRO STUDI CARDELLO



Concetti chiave



ASSOCIAZIONE ITALIANA
DI MEDICINA NUCLEARE
IMAGING MOLECOLARE E
TERAPIA

BIG DATA, AI & ONCOLOGIA NUCLEARE: "QUESTO MATRIMONIO S'HA DA FARE"?

5 FEBBRAIO 2026 ROMA, CENTRO STUDI CARDELLO



Concetto chiave 1: feature

Parametri **quantitativi** che rappresentano il fenomeno allo studio

- **Espliciti** (definiti a priori)
 - Parametri di imaging:
 - Semi-quantitativi (diametro, SUVmax, MTV, TLG,...)
 - Radiomici (forma, tessitura, ...)
 - Parametri clinici:
 - Pressione arteriosa, parametri ematochimici, ...
- **Impliciti** (appresi)
 - Generati automaticamente attraverso l'apprendimento (Deep Learning)



BIG DATA, AI & ONCOLOGIA NUCLEARE: "QUESTO MATRIMONIO S'HA DA FARE"?
5 FEBBRAIO 2026 ROMA, CENTRO STUDI CARDELLO



Concetto chiave 2: modello predittivo (o modello)

Algoritmo che utilizza le feature per generare predizioni

- **Espliciti** (definiti a priori)
 - Basati su regole fisse (e.g.: se $a > b$ allora c)
- **Impliciti** (appresi)
 - Generati automaticamente attraverso l'apprendimento



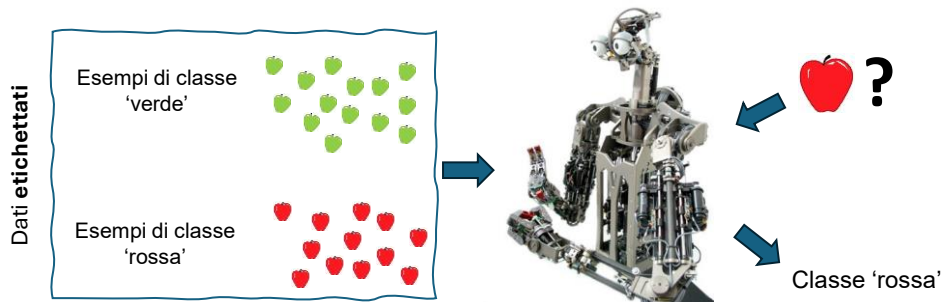
BIG DATA, AI & ONCOLOGIA NUCLEARE: "QUESTO MATRIMONIO S'HA DA FARE"?
5 FEBBRAIO 2026 ROMA, CENTRO STUDI CARDELLO



Concetto chiave 3: apprendimento ed interrogazione

1. Apprendimento
(addestramento del modello)

2. Interrogazione
(utilizzo del modello)





BIG DATA, AI & ONCOLOGIA NUCLEARE: "QUESTO MATRIMONIO S'HA DA FARE"?
5 FEBBRAIO 2026 ROMA, CENTRO STUDI CARDELLO



Concetto chiave 4: qualità dei dati

- La qualità della risposta è direttamente legata alla **qualità dei dati** di apprendimento
- I dati di apprendimento dovrebbero costituire un campione **rappresentativo** della popolazione—**stratificazione**:
 - Per endpoint di interesse (e.g. benigno vs. maligno)
 - Età
 - Genere
 - Etnia,
 - Fattori di rischio,
 -

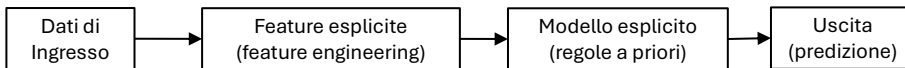


BIG DATA, AI & ONCOLOGIA NUCLEARE: "QUESTO MATRIMONIO S'HA DA FARE"?
5 FEBBRAIO 2026 ROMA, CENTRO STUDI CARDELLO

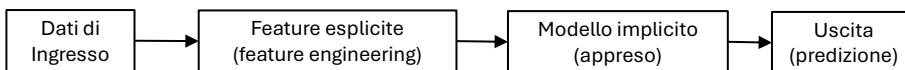


Quadro d'insieme ed evoluzione storica

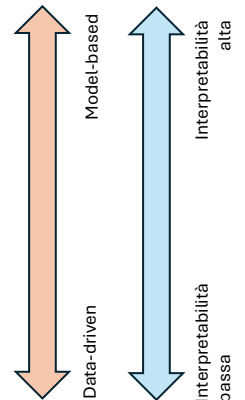
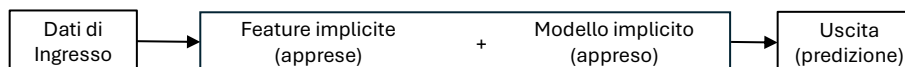
Sistemi basati su regole ('sistemi esperti', 1970—)



Machine learning (1990—)



Deep learning (2010—)



Adattato da [C. Janiesch et al.](#), Electronic Markets, 2021.



BIG DATA, AI & ONCOLOGIA NUCLEARE: "QUESTO MATRIMONIO S'HA DA FARE"?
5 FEBBRAIO 2026 ROMA, CENTRO STUDI CARDELLO



Il Machine learning (ML)



BIG DATA, AI & ONCOLOGIA NUCLEARE: "QUESTO MATRIMONIO S'HA DA FARE"?
5 FEBBRAIO 2026 ROMA, CENTRO STUDI CARDELLO



Machine learning: le fasi del processo



Adattato da [C. Janiesch et al.](#), Electronic Markets, 2021.



BIG DATA, AI & ONCOLOGIA NUCLEARE: "QUESTO MATRIMONIO S'HA DA FARE"?
5 FEBBRAIO 2026 ROMA, CENTRO STUDI CARDELLO



Machine learning: feature engineering

- Parametri semi-quantitativi
 - SUV, MTV, TLG,...

- Parametri radiomici convenzionali
 - Statistiche del 1° ordine
 - Statistiche basate su istogramma
 - Parametri di forma
 - Parametri di tessitura



BIG DATA, AI & ONCOLOGIA NUCLEARE: "QUESTO MATRIMONIO S'HA DA FARE"?
5 FEBBRAIO 2026 ROMA, CENTRO STUDI CARDELLO

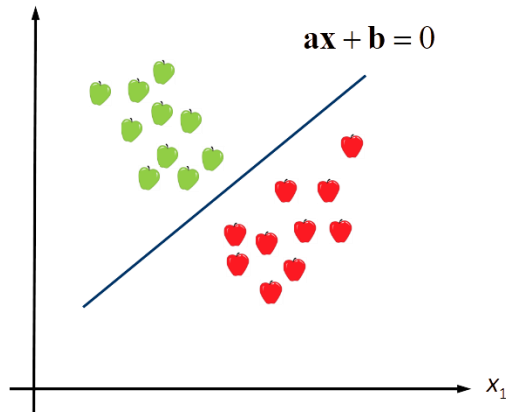


Machine learning: modelli predittivi

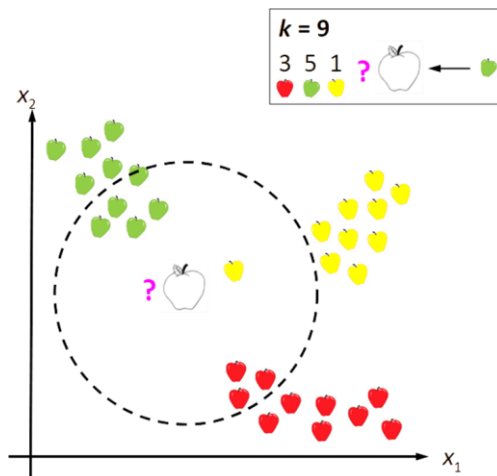
- Costruiti utilizzando algoritmi predefiniti (**classificatori**)
che dipendono da parametri
 - Classificatori lineari
 - Classificatori basati su distanza
 - Alberi di decisione,
 - Reti neurali
 - Support vector machines (SVM)



Modelli di classificazione usati nel Machine Learning: classificatore lineare



Modelli di classificazione usati nel Machine Learning: classificatore k-NN





ASSOCIAZIONE ITALIANA
DI MEDICINA NUCLEARE
IMAGING MOLECOLARE E
TERAPIA

BIG DATA, AI & ONCOLOGIA NUCLEARE: "QUESTO MATRIMONIO S'HA DA FARE"?

5 FEBBRAIO 2026 ROMA, CENTRO STUDI CARDELLO



Il Deep learning (DL)



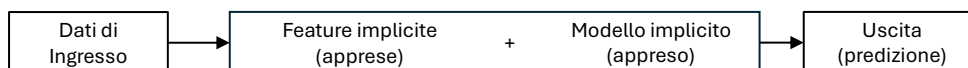
ASSOCIAZIONE ITALIANA
DI MEDICINA NUCLEARE
IMAGING MOLECOLARE E
TERAPIA

BIG DATA, AI & ONCOLOGIA NUCLEARE: "QUESTO MATRIMONIO S'HA DA FARE"?

5 FEBBRAIO 2026 ROMA, CENTRO STUDI CARDELLO



Deep learning: le fasi del processo



Adattato da [C. Janiesch et al.](#), Electronic Markets, 2021.



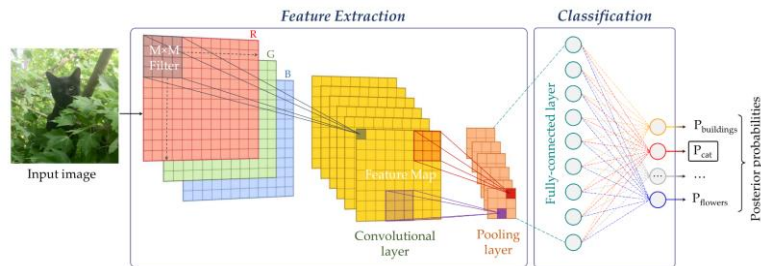
Deep learning: possibili implementazioni

- **Reti convoluzionali** (CNN – Convolutional neural networks)
- Sparse autoencoders (SAE)
- Generative adversarial networks (GAN)



Le reti convoluzionali (CNN)

- Ingresso di tipo **immagine (con o senza segmentazione)**
- Combinano estrazione delle feature e classificazione
- Composte da blocchi computazionali (**layer** o **livelli**) disposti in cascata
- Basate su parametri (**pesi**) modificabili tramite l'addestramento



Da [F. Bianconi et al.](#), Journal of Imaging, 2021 [CC BY 4.0](#).



ASSOCIAZIONE ITALIANA
DI MEDICINA NUCLEARE
IMAGING MOLECOLARE E
TERAPIA

BIG DATA, AI & ONCOLOGIA NUCLEARE: "QUESTO MATRIMONIO S'HA DA FARE"?

5 FEBBRAIO 2026 ROMA, CENTRO STUDI CARDELLO



Tipi di layer in una rete convoluzionale (I)

- **Addestrabili** (contengono parametri liberi)
 - Layer **convoluzionali**
 - Matrici che funzionano da filtri
 - Layer **fully-connected**:
 - Ogni nodo (neurone) in uscita è connesso a tutti i nodi in ingresso, funzionano principalmente da classificatori
- **Non addestrabili** (struttura fissa, no parametri liberi)
 - **Pooling layers**:
 - Riducono la dimensionalità dell'ingresso



ASSOCIAZIONE ITALIANA
DI MEDICINA NUCLEARE
IMAGING MOLECOLARE E
TERAPIA

BIG DATA, AI & ONCOLOGIA NUCLEARE: "QUESTO MATRIMONIO S'HA DA FARE"?

5 FEBBRAIO 2026 ROMA, CENTRO STUDI CARDELLO



Strategie d'uso del Deep Learning

- **Full training**
 - Si addestrano **tutti i parametri** (pesi) della rete da zero
 - Richiede grandi quantità di dati (e.g. ImageNet; > 14M immagini) e risorse di calcolo considerevoli
- **Fine tuning**
 - Si prende una rete pre-addestrata e si riaddestrano **alcuni parametri** della rete (tipicamente quelli dei layer più a valle)
 - Richiede minori quantità di dati e risorse di calcolo rispetto al full training
- **Transfer learning** ('off-the-shelf')
 - Si prende una rete pre-addestrata e la si usa per un'attività diversa da quella per cui era stata addestrata



BIG DATA, AI & ONCOLOGIA NUCLEARE: "QUESTO MATRIMONIO S'HA DA FARE"?
5 FEBBRAIO 2026 ROMA, CENTRO STUDI CARDELLO



Deep learning: aspetti chiave

- **Sistemi end-to-end**
 - Estrazione feature + classificazione integrati

- **Feature**
 - Apprese dalla rete (no feature engineering)
 - Layer a monte della rete

- **Modelli di classificazione**
 - Parte della rete stessa
 - Layer a valle della rete



BIG DATA, AI & ONCOLOGIA NUCLEARE: "QUESTO MATRIMONIO S'HA DA FARE"?
5 FEBBRAIO 2026 ROMA, CENTRO STUDI CARDELLO



ML e DL a confronto



BIG DATA, AI & ONCOLOGIA NUCLEARE: "QUESTO MATRIMONIO S'HA DA FARE"?
5 FEBBRAIO 2026 ROMA, CENTRO STUDI CARDELLO



Machine learning vs. deep learning: un confronto

	Machine learning	Deep learning
Intervento umano	Significativo (feature engineering, segmentazione)	Limitato (sistemi 'end-to-end')
Dati	Può funzionare con dataset limitati	Richiede dataset ampi
Risorse computazionali	Standard	Dedicate (specie se richiesto addestramento)
Interpretabilità	Discreta	Limitata (sistemi 'black-box')
Prestazioni	Buone (se corretta scelta feature e classificatore)	Eccellenti (se dati sufficientemente ampi)



BIG DATA, AI & ONCOLOGIA NUCLEARE: "QUESTO MATRIMONIO S'HA DA FARE"?
5 FEBBRAIO 2026 ROMA, CENTRO STUDI CARDELLO



Machine learning vs. deep learning: quando usare quale?

Machine learning	Deep learning
Condizioni	
<ul style="list-style-type: none"> Dati di partenza di tipo numerico o immagine Limitata disponibilità di dati (immagini) 	<ul style="list-style-type: none"> Dati di partenza di tipo immagine Elevata disponibilità di dati (immagini) e risorse computazionali
Obiettivi	
<ul style="list-style-type: none"> Costruzione di modelli computazionalmente leggeri ed interpretabili 	<ul style="list-style-type: none"> Massimizzazione delle prestazioni (accuratezza, sensibilità etc.) Minimizzazione dell'intervento umano (sistemi 'end-to-end')



ASSOCIAZIONE ITALIANA
DI MEDICINA NUCLEARE
IMAGING MOLECOLARE E
TERAPIA

BIG DATA, AI & ONCOLOGIA NUCLEARE: "QUESTO MATRIMONIO S'HA DA FARE"?
5 FEBBRAIO 2026 ROMA, CENTRO STUDI CARDELLO



Lecture consigliate

1. Janiesch C., Zschech P., Heinrich K. [Machine learning and deep learning](#) (2021) *Electronic Markets*, 31 (3), pp. 685 - 695
2. Buvat I., Dutta J., Jha A.K., Siegel E., Yousefirizi F., Rahmim A., Bradshaw T. [Should end-to-end deep learning replace handcrafted radiomics?](#) (2025) *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*, 52, pp. 4360–4363
3. Do S., Song K.D., Chung J.W. Basics of deep learning: [A radiologist's guide to understanding published radiology articles on deep learning](#) (2020), 21 (1), pp. 33 - 41
4. Reyes-Aldasoro C.C., Alonso E. [AI history and basics: From symbolism to neural networks](#). In *Artificial Intelligence for Radiographers*. Springer, Cham (2026)



ASSOCIAZIONE ITALIANA
DI MEDICINA NUCLEARE
IMAGING MOLECOLARE E
TERAPIA

BIG DATA, AI & ONCOLOGIA NUCLEARE: "QUESTO MATRIMONIO S'HA DA FARE"?
5 FEBBRAIO 2026 ROMA, CENTRO STUDI CARDELLO



Grazie per l'attenzione!