

AIMN - Associazione Italiana di Medicina Nucleare ed Imaging Molecolare



XV Congresso nazionale AIMN
Rimini, 12—15 maggio 2022


TAVOLA ROTONDA: Intelligenza Artificiale e Radiomica

Intelligenza artificiale e radiomica: uno sguardo d'insieme

Francesco Bianconi
Dipartimento di Ingegneria
Università degli Studi di Perugia
bianco@ieee.org
www.bianconif.net

1

AIMN - Associazione Italiana di Medicina Nucleare ed Imaging Molecolare




Sommario

- ▷ Definizioni, obiettivi e applicazioni
- ▷ Basi scientifiche
- ▷ Le fasi del processo di radiomica
 - ▷ Acquisizione
 - ▷ Pre-processamento
 - ▷ Segmentazione
 - ▷ Estrazione delle caratteristiche
 - ▷ Post-processamento
 - ▷ Analisi dei dati
- ▷ Strumenti software per la radiomica
- ▷ Problemi aperti

2

AIMN - Associazione Italiana di Medicina Nucleare ed Imaging Molecolare



Definizioni


Intelligenza Artificiale (in ambito medico)
Sistemi informatici per il supporto alle decisioni in ambito clinico

Radiomica

- Estrazione di dati quantitativi (*feature*) a partire da imaging medico (CT, PET, MRI, etc.)
- Utilizzo delle *feature* come supporto alle decisioni cliniche

3

AIMN - Associazione Italiana di Medicina Nucleare ed Imaging Molecolare



Obiettivo

(Radiomica + Intelligenza Artificiale)

- ▷ Supportare i processi di decisione clinica stabilendo **relazioni quantitative** tra le immagini e l'end-point clinico di interesse

4



Aree di potenziale applicazione

- ▷ **Settore oncologico**
 - ▷ Tumori solidi

- ▷ **Condizioni neurodegenerative**
 - ▷ Alzheimer's, Parkinson's, etc.

- ▷ **Patologie cardiovascolari**
 - ▷ Coronaropatie, scompenso cardiaco.

5



Applicazioni nel settore oncologico

- ▷ **Diagnostica assistita**
 - ▷ Benigno vs. maligno
 - ▷ Primario vs. metastatico
 - ▷ Predizione sottotipo istologico

- ▷ **Stratificazione rischio e scelta terapia**
 - ▷ Predizione DFS, MFS e OS
 - ▷ Predizione risposta alla terapia

- ▷ **Follow-up**

6



Basi scientifiche

L'aspetto di un'area di interesse (lesione) all'imaging correla con fenotipo e prognosi.

I seguenti elementi sono indicativi di malignità, aggressività e cattiva prognosi:

- ▷ **Eterogeneità della tessitura** (*texture*)
- ▷ **Irregolarità della forma** – e.g.
 - ▷ *spiculazione*
 - ▷ *lobulazione*

7



Problema

Come quantificare l'aspetto di una lesione?

- ▷ Estrazione delle caratteristiche (**features**)

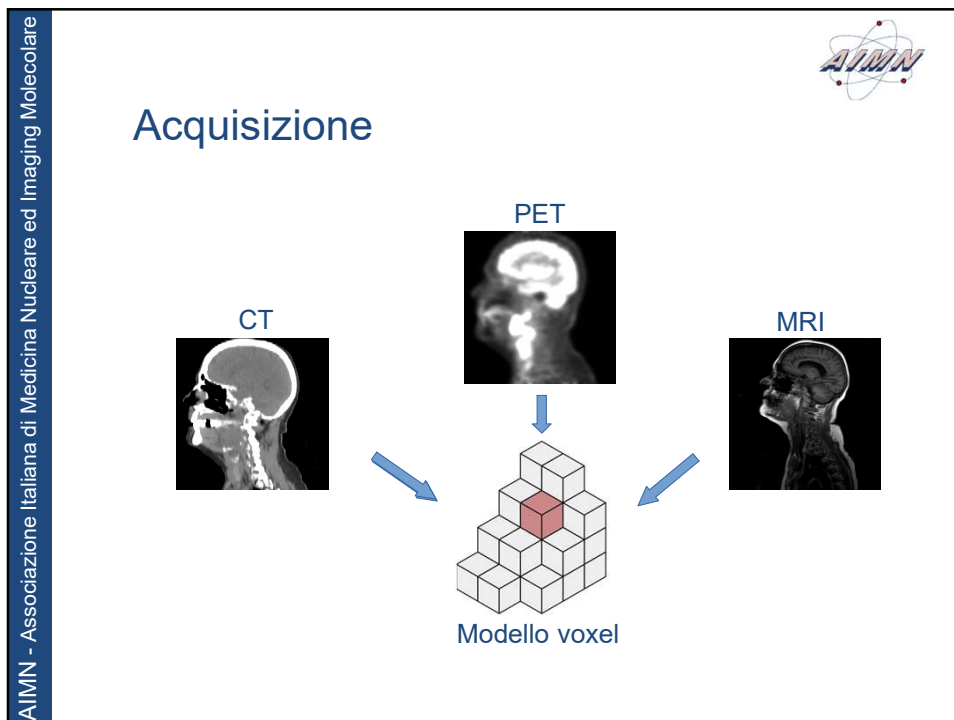
Come utilizzare le features per il *problem-solving* clinico?

- ▷ Costruzione di **modelli predittivi**

8



9



10



Pre-processamento

Può consistere in una o più tra le seguenti operazioni:

- ▷ **Filtraggio**
 - ▷ Riduzione rumore
 - ▷ Variazione contrasto
- ▷ **Finestratura segnale**
- ▷ **Quantizzazione del segnale**
 - ▷ Importante per calcolo parametri texture!

11



Segmentazione (contornazione)

Consiste in:

- ▷ Identificazione della regione d'interesse (ROI)
- ▷ Separazione della ROI dallo sfondo

Può essere:

- ▷ Automatica
- ▷ Semi-automatica
- ▷ Manuale

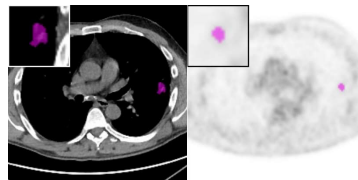


Image sourced from: Palumbo, B., Bianconi, F., Palumbo, I., Fravolini, M.L., Minestrini, M., Nuvoli, S., Stazza, M.L., Rondini, M., Spanu, A. [Value of Shape and Texture Features from 18F-FDG PET/CT to Discriminate between Benign and Malignant Solitary Pulmonary Nodules: An Experimental Evaluation](#) (2020) *Diagnostics*, 10 (9), art. no. 696

12



Estrazione delle caratteristiche

Calcolo di parametri quantitativi (*feature*) a partire dalla ROI. Le *feature* idealmente dovrebbero essere:

- ▷ **Discriminative** (capaci di correlare significativamente con l'end-point di interesse)
- ▷ **Robuste** (stabili a variazioni nelle fasi di acquisizione, pre-processamento e segmentazione)
- ▷ **Interpretabili** (dal punto di vista fisico, clinico e/o biologico)
- ▷ **Poche** ('*curse of dimensionality*!')

13



Metodi per l'estrazione delle caratteristiche

Metodi tradizionali ('hand-crafted')

Basati su formule ed algoritmi definiti 'a priori'

- ▷ **Descrittori di texture**
 - ▷ **Statistiche elementari** (*standard deviation, skewness, kurtosis, ...*)
 - ▷ **Basati su istogramma** (*energy, entropy, ...*)
 - ▷ **Basati su correlazioni spaziali** (*grey-level co-occurrence matrix; grey-level run length matrix, grey level size zone matrix, ...*)
- ▷ **Descrittori di forma**
 - ▷ **2D** (*circularity, convexity, elongation, rectangularity, ...*)
 - ▷ **3D** (*compactness, elongation, flatness, sphericity, ...*)

14

Metodi per l'estrazione delle caratteristiche

Metodi basati sul *Deep Learning*

Costruiti su architetture modulari (reti convoluzionali – CNN)

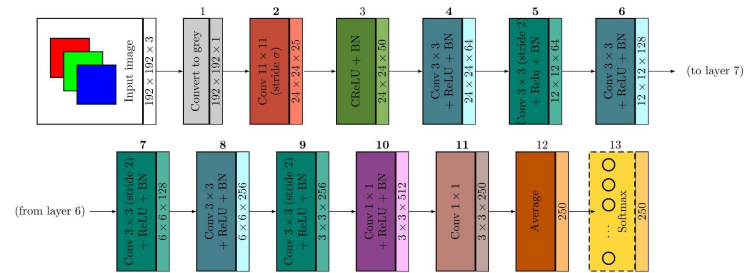


Image sourced from: Bianconi, F., Cusano, C., Napoletano, P., Schettini, R. [CNN-based refactoring of hand-designed filters for texture analysis: A classic revisited](#) (2019) IEEE Access, 7, art. no. 8918055, pp. 173076-173085

15



Post-processamento

Può aver uno dei seguenti obiettivi:


- ▷ Riduzione del numero delle features
- ▷ Aumento della capacità discriminativa

Approcci tipici:

- ▷ Feature selection
- ▷ Feature generation (e.g. PCA)

16

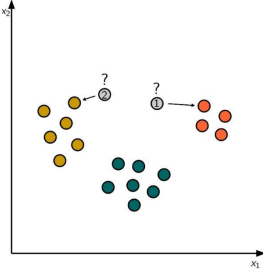
AIMN - Associazione Italiana di Medicina Nucleare ed Imaging Molecolare



Analisi dei dati

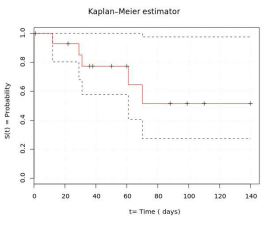
Classificazione:

- ▷ Tipicamente trasversale
 - ▷ e.g. predizione del fenotipo (benigno vs. maligno)




Regressione:

- ▷ Tipicamente longitudinale
 - ▷ e.g. predizione OS, DSF, etc.



17

AIMN - Associazione Italiana di Medicina Nucleare ed Imaging Molecolare



Software per la radiomica

Freeware:

- ▷ [CERR](#) (libreria funzioni per Matlab)
- ▷ [LIFEx](#) (applicazione standalone con interfaccia grafica)
- ▷ [PyRadiomics](#) (libreria funzioni per Python)
- ▷ [SERA](#) (libreria funzioni per Matlab)

Commerciali:

- ▷ [SOPHiA DDM™ for Radiomics](#)
- ▷ [TexRAD](#)

18



Problemi aperti

Tecnici

Standardizzazione

- ▷ Necessità di stabilire protocolli unificati per tutte le fasi del processo – in particolare per il calcolo delle feature
 - ▷ [IBSI](#) (The Image Biomarker Standardisation Initiative; protocolli già disponibili)

Disponibilità dati

- ▷ Necessità di grandi dataset pubblici (immagini + metadati), per la costruzione dei modelli predittivi
 - ▷ [TCIA](#) (The Cancer Imaging Archive; disponibile)
 - ▷ [CHAIMELEON](#) (in corso di sviluppo)

19



Problemi aperti

Interazione uomo-macchina

Interpretabilità ('explainable AI – XAI')

- ▷ Capacità/possibilità di interpretare i dati (feature) e/o i risultati degli algoritmi predittivi su basi fisiche, cliniche e/o biologiche

Accettazione

- ▷ Disponibilità ad accettare i risultati degli algoritmi di predizione

Responsabilità

- ▷ Quando questa è basata su risultati derivati da algoritmi automatici

20