

# L'intelligenza artificiale a supporto della pratica clinico-chirurgica

Sara Moccia<sup>1,2</sup>, Lucia Migliorelli<sup>1</sup>, Pierangela Bruno<sup>3</sup>, Francesco Calimeri<sup>3</sup>, Elena De Momi<sup>4</sup>, Emanuele Frontoni<sup>1</sup>, Primo Zingaretti<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università Politecnica delle Marche, Ancona (Italia)

<sup>2</sup>Dipartimento di Advanced Robotics, Istituto Italiano di Tecnologia, Genova (Italia)

<sup>3</sup>Dipartimento di Matematica e Informatica, Università della Calabria, Rende (Italia)

<sup>4</sup>Dipartimento di Elettronica, Informazione e Bioingegneria, Politecnico di Milano, Milano (Italia)

s.moccia@univpm.it, l.migliorelli@staff.univpm.it, bruno@mait.unical.it, calimeri@mat.unical.it, elena.demomi@polimi.it, e.frontoni@univpm.it, p.zingaretti@univpm.it

## Abstract

Questo contributo fornisce una panoramica degli scenari clinici in cui l'intelligenza artificiale (IA) trova potenziali applicazioni. Nello specifico, saranno evidenziati i contributi degli autori nella ricerca di metodi di IA per il supporto alla diagnosi, alla pianificazione preoperatoria e alla chirurgia.

## 1 Introduzione

L'intelligenza artificiale (IA), ed in particolare il machine learning (ML), trova numerose e crescenti applicazioni in molteplici ambiti. Questo contributo prende in considerazione diversi ambiti applicativi (Fig. 1), fra quelli che vedono attivamente coinvolti gli autori, invitando alla riflessione sulle potenzialità dell'utilizzo dell'IA nel contesto sanitario, realizzabili tramite un'attiva collaborazione multi-istituzionale a livello nazionale ed internazionale.

## 2 Screening da fascicoli sanitari elettronici

Lo screening a partire dai dati contenuti nei fascicoli sanitari elettronici rappresenta un problema clinico e metodologico di particolare interesse. Nell'ambito diabetologico, è stato sviluppato un metodo di ML per la predizione del diabete di tipo II, ottenendo una sensibilità del 82% su un dataset (FIMMG dataset, Tabella 1) che conta più di 2000 pazienti<sup>1</sup> [Bernardini *et al.*, Accepted]. È stato, inoltre, sviluppato un metodo per la predizione della mortalità in interventi toracici a partire da dati pre- e intra- operatori, utilizzando tecniche di *boosting* in grado di gestire dati incompleti ed ottenendo una sensibilità del 74% su un dataset di circa 3000 soggetti.

Nell'ambito dello screening della disfunzione endoteliale, sono stati sviluppati algoritmi di ML per la classificazione di *feature* sia antropometriche che estratte dal segnale fotoplethmografico. Considerando le dimensioni ridotte del dataset (59 soggetti di cui 28 con disfunzione endoteliale) il modello ha raggiunto una accuratezza soddisfacente, pari al 71%<sup>1</sup>.

## 3 Diagnosi basata su immagini

Effettuare una diagnosi in maniera automatica a partire da immagini mediche permette di supportare il clinico in di-

versi contesti. Per supportare la diagnosi precoce del carcinoma delle cellule squamose della laringe, è stato proposto un metodo basato su tecniche di ML e deep learning (DL) che, partendo da immagini endoscopiche acquisite in modalità narrow-band imaging, ha permesso di ottenere una sensibilità del 98% sul *Laryngeal dataset* (Tabella 1), costituito da 33 video di 33 pazienti diversi<sup>2</sup>. Un approccio simile è stato proposto per la valutazione rapida e accurata della steatosi epatica in fegati di possibili donatori, utilizzando tecniche di ML semi-supervisionato e ottenendo una sensibilità del 95% in un dataset costituito da 40 immagini RGB acquisite con uno smartphone in sala operatoria<sup>2</sup>.

In cardiologia, è stato sviluppato un metodo di DL basato su reti neurali convoluzionali *fully convolutional* (FCNN) per la segmentazione del tessuto cardiaco necrotico in immagini di risonanza magnetica cardiaca. Per questa analisi sono state considerate 250 immagini di 30 volumi di risonanza, appartenenti a 30 soggetti diversi, raggiungendo un indice di Dice del 71%<sup>1</sup> [Moccia *et al.*, 2018a].

In ambito neonatologico, si sta studiando una nuova metodologia per l'analisi dei movimenti in culla di bambini pretermine a partire da immagini di profondità (PIDS dataset, Tabella 1), che si basa su due FCNN, una di detezione ed una di regressione, per l'individuazione dei giunti articolari<sup>1</sup>.

## 4 Pianificazione chirurgica

Pianificare un intervento chirurgico richiede spesso l'analisi di immagini anatomiche ad alta risoluzione per identificare i distretti target da raggiungere o evitare in fase interventistica. Nell'ambito della stereoelettroencefalografia, le FCNN sono state utilizzate per supportare la pianificazione delle traiettorie degli elettrodi intra-cerebrali. In particolare, nel segmentare in maniera accurata i vasi cerebrali in immagini di tomografia computerizzata, queste reti, testate su un set di

<sup>2</sup><http://nearlab.polimi.it/medical/publications/>

Dataset	Site per il download:
Laryngeal dataset	<a href="https://zenodo.org/record/1003200#.WdeQcnBx0nQ">https://zenodo.org/record/1003200#.WdeQcnBx0nQ</a>
PIDS dataset	Disponibile presto
TTTS dataset	Disponibile presto
FIMMG dataset	<a href="http://vrai.dii.univpm.it/content/fimmg-dataset">http://vrai.dii.univpm.it/content/fimmg-dataset</a>

Tabella 1: Dataset disponibili

<sup>1</sup><http://vrai.dii.univpm.it/publications>

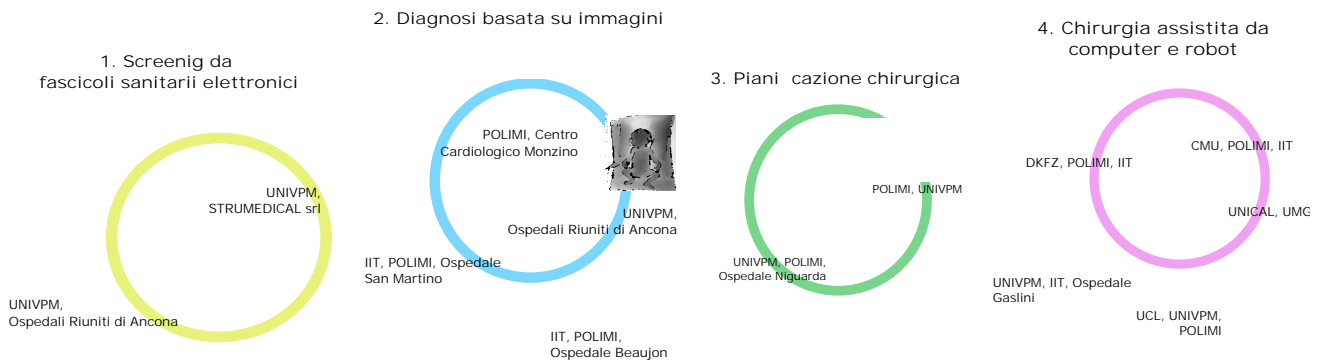


Figura 1: Overview dei principali progetti di ricerca con le relative collaborazioni a livello nazionale ed internazionale.

10 pazienti (950 immagini totali), hanno raggiunto un indice di Dice del 94%<sup>1,2</sup>. Con un approccio simile, è stata sviluppata una FCNN in grado di segmentare assoni cerebrali da sezioni di microscopia ottica per calcolare la diffusione di farmaci durante il trattamento del glioblastoma multiforme tramite *convection enhanced drug delivery*. La FCNN sviluppata ha ottenuto metriche competitive con lo stato dell'arte (Information Theoretic Scoring = 0.98%)<sup>1,2</sup> [Vidotto *et al.*, 2019].

## 5 Chirurgia assistita da computer e robot

Il riconoscimento di organi e tessuti in immagini intraoperatorie trova riscontro in diversi ambiti della chirurgia minimamente invasiva. Nel distretto addominale, è stato sviluppato un nuovo approccio per l'identificazione degli organi addominali da immagini laparoscopiche sia RGB che multispettrali (per la prima volta in vivo, acquisite su maiali), ottenendo un'accuratezza media nei nostri esperimenti del 90% (RGB) e 96% (multispettrale)<sup>2</sup> [Moccia *et al.*, 2018c]. Similmente, attraverso FCNN avversarie, sono stati ottenuti risultati promettenti (coefficiente di Dice = 97%) nell'identificazione delle membrane interplacentari durante interventi di chirurgia ablativa per la sindrome da trasfusione fetto-fetale<sup>1,2</sup> su un dataset di 6 video fetoscopici (TTTS dataset, Tabella 1). Per supportare e migliorare la valutazione clinica della complessità vascolare in pazienti affetti dalla malattia occlusiva delle arterie periferiche, è stato proposto un metodo basato su tecniche di DL che, partendo da immagini cine-angiografie acquisite in sala operatoria, segmenta automaticamente i vasi sanguigni raggiungendo un coefficiente di Dice di 63% [Bruno *et al.*, 2018]. Oltre ai tessuti biologici, è in corso un lavoro per la stima tridimensionale della posa degli strumenti chirurgici basata su FCNN integranti l'informazione temporale, con risultati promettenti (indice di Dice = 84% (proposto) vs 79% (stato dell'arte))<sup>1,2</sup>.

Come supporto alla procedura microchirurgica di resezione del meningioma petroclivale, è stato sviluppato un algoritmo per (i) la segmentazione automatica tramite FCNN dei principali vasi cerebrali da immagini di microscopia, (ii) la ricostruzione 3D di tali vasi, (iii) il controllo basato su *virtual fixture* di un robot *hand-held* (Micron) affinché la punta del Micron sia sempre a distanza di sicurezza dal vaso. In un protocollo sperimentale basato su fantocci di vaso, la punta di

Micron è entrata nella regione proibita il 24% delle volte in cui l'algoritmo di controllo era attivo. Tuttavia, la profondità di penetrazione mediana è sempre stata trascurabile rispetto al diametro del vaso<sup>2</sup> [Moccia *et al.*, 2018b].

## 6 Conclusioni

Al fine di supportare la traslazione delle metodologie di DL nella pratica clinica corrente è importante investire sull'interazione fra università, centri di ricerca, ospedali ed aziende e promuovere le collaborazioni tra i gruppi di ricercatori per condividere *best practice* e dataset utili al progredire della ricerca. Questa interazione, se fruttuosa, può portare potenzialmente allo sviluppo di tecnologie assistive in grado di analizzare ingenti quantità di dati multicentrici, multisorgente e multipaziente, per supportare i clinici sia nell'effettuare la diagnosi che nel fornire il miglior trattamento possibile in fase chirurgica.

## Riferimenti bibliografici

- [Bernardini *et al.*, Accepted] Michele Bernardini, Luca Romeo, et al. Discovering the type 2 diabetes in electronic health records using the sparse balanced support vector machine. *Journal of IEEE Biomedical and Health Informatics*, Accepted.
- [Bruno *et al.*, 2018] Pierangela Bruno, Paolo Zaffino, et al. Using CNNs for designing and implementing an automatic vascular segmentation method of biomedical images. In *International Conference of the Italian Association for Artificial Intelligence*, pages 60–70. Springer, 2018.
- [Moccia *et al.*, 2018a] Sara Moccia, Riccardo Banali, et al. Development and testing of a deep learning-based strategy for scar segmentation on CMR-LGE images. *Magnetic Resonance Materials in Physics, Biology and Medicine*, 2018.
- [Moccia *et al.*, 2018b] Sara Moccia, Simone Foti, et al. Toward improving safety in neurosurgery with an active handheld instrument. *Annals of Biomedical Engineering*, 2018.
- [Moccia *et al.*, 2018c] Sara Moccia, Sebastian J Wirkert, et al. Uncertainty-aware organ classification for surgical data science applications in laparoscopy. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 2018.
- [Vidotto *et al.*, 2019] Marco Vidotto, Elena De Momi, et al. Fcnn-based axon segmentation for convection-enhanced delivery optimization. *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, pages 1–7, 2019.