

IA a supporto del Medical Imaging

Nadia Brancati¹, Giuseppe De Pietro¹, Maria Frucci¹, Francesco Gargiulo¹, and Daniel Riccio^{1,2}

¹Istituto di Calcolo e Reti ad Alte Prestazioni (ICAR-CNR)

²Università degli studi di Napoli "Federico II"

{nadia.brancati, giuseppe.depietro, maria.frucci, francesco.gargiulo}@icar.cnr.it
daniel.riccio@unina.it

Abstract

Questo contributo è rivolto alla descrizione delle attività di ricerche dell'Istituto ICAR-CNR relative all'analisi automatica di immagini digitali mediche svolte all'interno di collaborazioni scientifiche o progetti finanziati da Ricerca Industriale. Obiettivo di tali collaborazioni è lo sviluppo di nuovi strumenti intelligenti di diagnostica avanzata sia per patologie oncologiche/neuro-degenerative che per malattie della retina da utilizzare a supporto degli aspetti decisionali sulla diagnosi e per implementare nuovi protocolli di medicina di precisione. Tali strumenti per l'analisi automatica di immagini digitali mediche, sono basati su processi di individuazione, segmentazione e classificazione della zona patologica partendo da immagini digitali di preparati istologici, immagini diagnostiche (TAC, PET, MR, ...) e immagini del fondo oculare. Le metodologie applicate coinvolgono l'analisi quantitativa delle immagini e l'utilizzo di tecnologie di Machine Learning.

1 Introduzione

Gli autori di questo contributo sono ricercatori dell'Istituto ICAR (www.icar.cnr.it) che operano nei campi della Computer Vision, Pattern Recognition e Machine Learning. L'ICAR è l'unico istituto del CNR presente nell'Italia Meridionale totalmente focalizzato nel settore ICT e il cui principale dominio applicativo è quello della Salute inteso specificamente come e-health e bioinformatica. L'attività di ricerca in tale dominio applicativo è dedicata allo studio e progettazione di soluzioni innovative nell'area dei sistemi intelligenti principalmente rivolti alla reale personalizzazione dell'inquadramento diagnostico, prognostico, predittivo e terapeutico delle malattie oncologiche/neuro-degenerative e oftalmologiche. Tale attività di ricerca è svolta all'interno di convenzioni o progetti finanziati (principalmente PON e POR), attraverso la collaborazione con alcune delle più attive industrie operanti nel settore Salute presenti in Italia e mediante una rete di centri di eccellenza di ricerca pre-clinica e clinica operanti in ambito Universitario e nei più qualificati Centri di Ricerca Italiani.

2 Attività progettuali in corso

L'analisi automatica di immagini digitali è una delle principali attività di ricerca svolta all'interno dei progetti e convenzioni in cui l'ICAR è coinvolto. In particolare, si segnala la Piattaforma tecnologica eMORFORAD-Campania, "Sviluppo di un sistema integrato radiomico e fenotipico, per la diagnosi, la prognosi e la personalizzazione della terapia dei tumori della testa e del collo", PO FESR 2014-2020 – Obiettivo specifico 1.2 – Manifestazione di interesse per la realizzazione di Technology Platform nell'ambito della lotta alle patologie oncologiche. Obiettivo di questo progetto è lo sviluppo di nuovi strumenti di diagnostica avanzata dei carcinomi squamosi del distretto testa-collo da utilizzare per nuovi protocolli di medicina personalizzata. La strategia in esame prevede l'incorporazione di un percorso clinico – diagnostico dei biomarcatori tumorali e tissutali della malattia e di sistemi di analisi dell'imaging che utilizzano la radiomica. I processi di analisi del tumore a livello microscopico verranno effettuati su immagini ottenute dall'acquisizione digitale di preparati istologici, mentre l'analisi macroscopica della patologia viene eseguita su immagini diagnostiche quali PET e TAC. Tali analisi implicano processi di individuazione, segmentazione e classificazione delle strutture tumorali mediante tecniche di Machine Learning.

Un altro progetto rilevante per l'ICAR che vede coinvolta l'analisi automatica di immagini digitali è MOLIM ON-COBRAIN LAB, "Metodi innovativi di imaging molecolare per lo studio di malattie oncologiche e neurodegenerative". Il progetto è stato presentato e finanziato nell'ambito dell'Avviso per la presentazione di progetti di Ricerca Industriale e Sviluppo Sperimentale nelle 12 Aree di Specializzazione individuate dal PNR 2015-2020 - DD n. 1735 del 13/07/2017. Il progetto è incentrato sulla radiomica per l'elaborazione delle immagini e sull'imaging molecolare in campo oncologico e neuro-degenerativo. Le immagini da analizzare sono quelle prodotte da apparecchiature tecnologicamente avanzate (TAC, MR, PET, PET/MR) così come quelle provenienti da metodiche diagnostiche in vitro. Esse fanno riferimento alle patologie tumorali quali il cancro al seno e al colon-retto. Anche in questo progetto, i processi di analisi automatica di immagini sono principalmente basate su tecnologie di Machine Learning.

Altre attività di ricerca per l'analisi automatica di immagini sono svolte all'interno di collaborazioni o convenzioni con

centri di eccellenza di ricerca pre-clinica e clinica operanti in ambito Universitario. In particolare, con U.O.C. di Anatomia Patologica, A.O.U. Federico II di Napoli, è in corso la sperimentazione di un sistema automatico di classificazione di tumori borderline della pelle a partire da immagini acquisite digitalmente da preparati istologici. In seguito a una convenzione con l'attuale Università degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli" e a un'attività progettuale svolta all'interno di un progetto POR sullo sviluppo di strumenti visivi a supporto degli ipovedenti, la ricerca in ambito oftalmologico sta proseguendo in collaborazione con il Centro Malattie Oculari Rare della Rete Europea sulla diagnosi automatica di malattie degenerative della retina a partire da immagini digitali del fondo oculare.

3 Contributi ad oggi

Nel precedente paragrafo, sono state evidenziate alcune attività che sono attualmente in corso o che sono previste all'interno di progetti recentemente approvati e finanziati. Queste attività sono basate su esperienze consolidate dagli autori di questo contributo nel corso degli anni, nel campo della Computer Vision, Pattern Recognition e Machine Learning. Di seguito sono presentati solo alcuni dei recentissimi lavori degli autori svolti all'interno della digital pathology e del campo oftalmologico basati su tecnologie del Machine Learning.

L'attività nel campo della patologia digitale è relativa allo sviluppo di metodi per l'individuazione delle strutture patologiche e per la classificazione della patologia. Un primo contributo è stato la partecipazione a ICIAR 2018 Grand Challenge on Breast Cancer Histology Images (iciar2018-challenge.grand-challenge.org/results) sulla multi-classificazione del cancro al seno a partire da immagini digitali istologiche. Il metodo proposto [Brancati *et al.*, 2018c; Aresta *et al.*, 2018] si è classificato al secondo posto con un'accuratezza dell'86% (l'1% in meno rispetto al vincitore) su 51 differenti team internazionali. Il metodo è basato su strategia fine-tuning con combinazione di ResNet con un differente numero di layer. Un secondo contributo in sottomissione a rivista riguarda un metodo basato su un'unica rete di Deep Learning per la risoluzione di differenti task per l'analisi di immagini istologiche: individuazione del carcinoma duttale invasivo (IDC) e multi-classificazione dei linfomi [Brancati *et al.*, 2019]. Le performance ottenute sono più alte rispetto ai metodi dello stato dell'arte per entrambi i task (81.54% di F-Measure per IDC e 97.67% per la classificazione, con un incremento delle performance del 5.7% e dell'1.12%, rispettivamente).

I contributi nel campo oftalmologico sono relativi all'individuazione di patologie della retina a partire dall'analisi dell'immagine del fondo oculare. In particolare, i lavori più recenti sono relativi all'individuazione delle vene presenti nella retina ai fini di analisi qualitative e quantitative, e alla segmentazione di pigmenti per la diagnosi di una malattia degenerativa della retina quale la Retinite Pigmentosa. Per il primo task, il metodo [Brancati *et al.*, 2018a] è basato sull'integrazione di filtri direzionali in una rete di Deep Learning CNN 6-layers con conseguente aumento delle performance dello 0.2% in termini di Recall rispetto allo stato del-

l'arte. Relativamente al secondo task, il metodo [Brancati *et al.*, 2018b] è basato su un processo di partizionamento dell'immagine in regioni omogenee, sull'estrazione automatica di caratteristiche salienti e sulla classificazione delle regioni mediante AdaBoost.M1 e Random Forest.

Riferimenti bibliografici

- [Aresta *et al.*, 2018] Guilherme Aresta, Teresa Araújo, Scotty Kwok, Sai Saketh Chennamsetty, Mohammed Safwan, Varghese Alex, Bahram Marami, Marcel Prastawa, Monica Chan, Michael Donovan, et al. Bach: Grand challenge on breast cancer histology images. *arXiv preprint arXiv:1808.04277*, 2018.
- [Brancati *et al.*, 2018a] Nadia Brancati, Maria Frucci, Diego Gragnaniello, e Daniel Riccio. In *Progress in Pattern Recognition, Image Analysis, Computer Vision, and Applications*, pages 119–126, LNCS 10657, 2018. Springer International Publishing.
- [Brancati *et al.*, 2018b] Nadia Brancati, Maria Frucci, Diego Gragnaniello, Daniel Riccio, Valentina Di Iorio, Luigi Di Perna, e Francesca Simonelli. Learning-based approach to segment pigment signs in fundus images for retinitis pigmentosa analysis. *Neurocomputing*, 308:159–171, 2018.
- [Brancati *et al.*, 2018c] Nadia Brancati, Maria Frucci, e Daniel Riccio. Multi-classification of breast cancer histology images by using a fine-tuning strategy. In *Image Analysis and Recognition*, pages 771–778, LNCS 10882, 2018. Springer International Publishing.
- [Brancati *et al.*, 2019] Nadia Brancati, Giuseppe De Pietro, Maria Frucci, e Daniel Riccio. A deep learning approach for breast invasive ductal carcinoma detection and lymphoma multi-classification in histological images. *Submitted*, 2019.