

Un sistema di riconoscimento automatico per la diagnostica per immagini

Oscar de Felice and Gustavo de Felice

(Dated: 13 settembre 2019)

L'obiettivo di questo documento è di descrivere il funzionamento di un algoritmo di riconoscimento di immagini, per determinare se un generico paziente sia affetto da patologie odontoiatriche. Tale applicazione ricade nel campo della diagnostica computerizzata – in inglese *Computer aided diagnostics* (CAD). Si farà uso di metodi di apprendimento automatico (*machine learning*), allenando l'algoritmo al riconoscimento di immagini, grazie ad un database di radiografie accoppiate ad una descrizione della patologia. Tali immagini saranno utilizzate per l'interpolazione dei parametri del modello, che potrà essere usato per determinare, data una nuova immagine, se il paziente presenta una specifica patologia. L'idea è di creare un sistema computerizzato per aiutare i medici, tramite un avviso, quando in una radiografia vengono identificate le caratteristiche che determinano un'alta probabilità di malattia. L'approccio descritto è completamente generale, tuttavia, in questo documento ci concentreremo per semplicità sulla *parodontopatia* e lasceremo a futuri sviluppi l'estensione ad altre patologie.

INTRODUZIONE

Un argomento importante sin dalla nascita delle tecniche di riconoscimento automatico dell'immagine è l'individuazione e classificazione di oggetti nelle immagini digitali. Senza sorprese, è possibile classificare gli oggetti a seconda di diverse categorie, colore, trama, posizione all'interno dell'immagine, etc.

Recentemente, sono apparsi numerosi ottimi esempi di classificazione di immagini in campo medico [1, 2]. Alcuni eccellenti contributi possono ritrovarsi anche nei primi anni 2000, infatti, si possono trovare lavori che descrivono le applicazioni del riconoscimento immagini ai sistemi diagnostici [3, 4].

I. UN ESEMPIO: CLASSIFICAZIONE CANE-GATTO

Vogliamo qui presentare un esempio didattico a solo scopo di meglio illustrare i metodi di riconoscimento immagini. L'idea è insegnare ad una macchina a riconoscere se l'immagine che gli viene mostrata contenga un cane o un gatto. This is a typical example of supervised online learning algorithm, easy to explain and rich enough to present several interesting features.

Faremo uso del noto [database di Kaggle, cat-vs-dog](#). Il database in questione è composto di 25 000 esempi, così distribuiti

12 500 immagini di gatti;

12 500 immagini di cani.

Ora descriveremo il processo di apprendimento incrementale in questo caso, e poi applicheremo quanto visto al caso medico.

A. Come funziona un algoritmo di riconoscimento immagini

In questa sezione viene descritto brevemente il funzionamento dell'algoritmo di riconoscimento e classificazione immagini. La figura 1 illustra lo schema di apprendimento di una rete neurale. In input abbiamo un dataset di immagini, oggetti che possono essere pensati come matrici dove ogni elemento corrisponde ad un pixel ed il suo valore al colore di quel pixel (in qualche scala come RGB, etc). La rete neurale vede tantissime immagini i cani o gatti e crea una sua idea di gatto o cane. In questo

¹e-mail: oscar.defelice@gmail.com

²e-mail: gustavo@dottordefelice.it

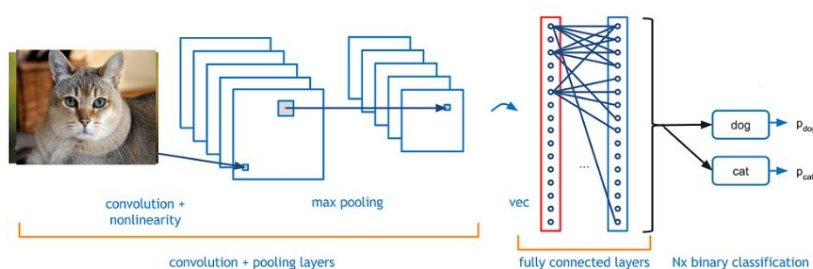


Figura 1: Schema di funzionamento di un sistema di riconoscimento immagini tramite rete neurale.

modo, data una nuova immagine essa può associare una probabilità che questa contenga un gatto o un cane.

Nello specifico l'algoritmo può essere diviso in due fasi:

1. Estrazione delle caratteristiche.
2. Apprendimento.

L'output dell'algoritmo è un *modello addestrato*, come si può vedere in figura 2.

Ciò che possiamo usare per fare previsioni è precisamente il modello addestrato. Infatti, tale modello non è altro che una legge matematica dove i valori dei parametri sono ottimizzati, in base all'esperienza, cioè in base a ciò che la rete neurale ha visto nel database di partenza.

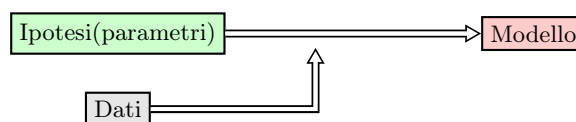


Figura 2: Schema di funzionamento di un generico algoritmo di machine learning. I dati vengono utilizzati per regolare i parametri del modello.

II. SISTEMI DIAGNOSTICI COMPUTERIZZATI E MACHINE LEARNING

L'obiettivo di questa breve sezione è di dare una panoramica generale sul funzionamento dei sistemi di diagnosi basati su applicazioni di apprendimento automatico. In particolare, vogliamo esporre il processo di apprendimento automatico di riconoscimento immagini applicato alla diagnosi della parodontopatia in pazienti odontoiatrici.

Per iniziare, occorre avere accesso ad un database quanto più grande possibile. È facile intuire che più esperienza diamo ad una macchina (ma anche ad un medico umano), migliore sarà la precisione con cui verranno diagnosticate le patologie. Per questo motivo, più immagini abbiamo, meglio il nostro algoritmo sarà capace di identificare correttamente i disturbi rilevabili in una radiografia.

A questo punto, collezionato il database si può passare alla fase di addestramento della rete. Questa è la fase in cui i parametri (o pesi) vengono ottimizzati in modo da rispondere meglio all'esperienza delle immagini già viste. Facciamo uso di reti comunemente note come reti neurali convoluzionali o *convolutional neural network* (CNN) per l'estrazione delle caratteristiche dell'immagine (matematicamente ciò significa trasformare l'immagine in una matrice di numeri) e quindi per il riconoscimento dell'immagine, come illustrato in figura 3.

Per i lettori interessati, ci promettiamo di essere più specifici circa questi dettagli tecnico-computazionali in una futura versione di questo documento.

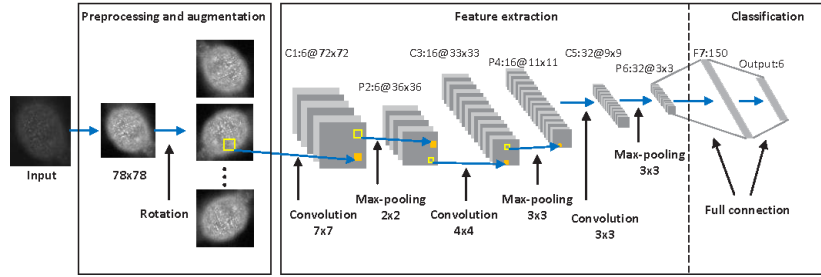


Figura 3: Training of the convolutional neural network for computer aided diagnosis.

III. GLI INGREDIENTI DELL'ALGORITMO

Vediamo ora di come l'algoritmo proceda al riconoscimento immagini. Per prima cosa, diamo uno schema introduttivo che far da guida per il prosieguo.

Possiamo dividere il processo nei passi qui di seguito

1. Collezione del database e classificazione con la diagnosi umana.
2. Addestramento della rete neurale, per ottimizzare i pesi del modello e apprendere come si presenta una radiografia in presenza di parodontopatia.
3. Apprendimento incrementale per aggiustare i parametri grazie all'esperienza per ogni nuova immagine.

A. Algoritmo di apprendimento supervisionato per il riconoscimento immagini mediche

Come già detto, abbiamo bisogno di un'enorme quantità di immagini per addestrare l'algoritmo. Si può associare un'etichetta ad ogni immagine, specificando la diagnosi. Per il momento, in ragione di una semplicità di descrizione e di costruzione iniziale, la sola diagnosi su cui ci concentreremo sarà del tipo "yes/no" identificando o meno la presenza di parodontopatia. Si può vedere in figura 4 un'illustrazione grafica di questo processo.

B. Il database

Al momento, pianifichiamo l'uso del database professionale del dott. G. de Felice (che ringraziamo) per la costruzione di un prototipo. Tuttavia, ogni contributo in tal senso è prezioso, per questo la possibilità di poter accedere ad ulteriori immagini costituisce un importante ingrediente per aumentare l'efficienza e la precisione dell'algoritmo.

Le immagini sono raccolte e associate all'appropriata diagnosi, secondo la presenza di parodontopatia. Dividiamo quindi il database in due insiemi con un rapporto 70/30. I due insiemi vengono chiamati *training set* e *test set*. Tale divisione è comune in ambito machine learning e serve a misurare le performance dell'apprendimento automatico. Infatti, addestrando il sistema sul training set, possiamo poi sottoporre il test set all'algoritmo e verificare se le risposte coincidono con le diagnosi umane. Perciò, facendo uso del test set, possiamo verificare, in maniera controllata, quanto bene l'algoritmo classifica le immagini dopo l'addestramento.

C. Addestramento della rete neurale

Una volta che la procedura di associazione della diagnosi all'immagine è completa, bisogna condurre un addestramento della rete sui dati a disposizione. Ciò produce un modello allenato, che ci permetterà di associare diagnosi a nuove immagini.

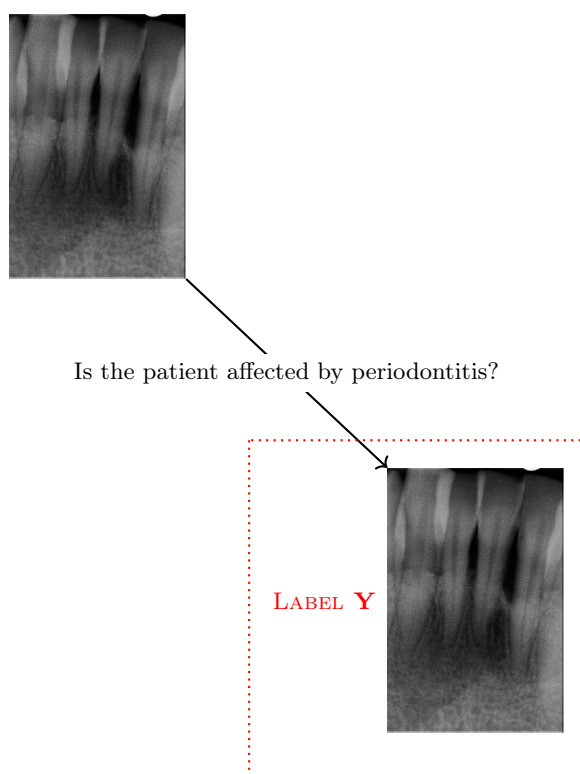


Figura 4: Processo di associazione diagnosi di parodontopatia. Ogni immagine è associata ad un'etichetta che indica se la parodontopatia è presente. Dal punto di vista computazionale, questo indica alla rete neurale come appare una radiografia di un paziente con parodontopatia, contribuendo a formare l'*idea* di parodontopatia nella rete.

D. Online learning o apprendimento incrementale

Siamo ora pronti alla valutazione di nuove immagini radiografiche. Dal punto di vista dell'apprendimento automatico, ci troviamo in un nuovo regime. Siamo nella fase di *online learning* o *apprendimento incrementale*. Questa fase è quella dove il modello impara da un'osservazione alla volta. Al contrario di quanto fatto prima, dove l'apprendimento avveniva grazie a moltissime immagini alla volta, ora il sistema aggiorna i suoi parametri ad ogni nuova radiografia. Questo tipo di apprendimento è opportuno quando il database è troppo grande per essere analizzato in una volta sola oppure, semplicemente, quando i dati sono acquisiti tramite un flusso continuo, come nel nostro caso. Infatti, abbiamo un flusso di nuove immagini ogni volta che i professionisti scattano nuove radiografie.

A regime, una nuova radiografia verrà esposta al modello che vi assocerà una diagnosi. A quel punto l'odontoiatra controllerà se tale diagnosi è corretta dando il suo feedback, aggiungendo così l'immagine al database. Il modello a questo punto, grazie all'esperienza della nuova immagine, aggiornerà i suoi parametri. In questo modo il database crescerà di dimensioni e la precisione aumenterà nel tempo.

IV. CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI

Questo documento descrive la prima proposta per lo sviluppo di una diagnostica computerizzata di parodontopatia, basata su reti neurali convoluzionali per il riconoscimento immagini. La proposta si sviluppa sulla seguente serie di azioni.

Collezione di un gran numero di radiografie per addestrare la rete.

Costruzione di un prototipo facendo uso della rete opportunamente allenata.

Implementazione dell'apprendimento incrementale per recepire nuove immagini.

L'obiettivo ultimo di questo lavoro è lo sviluppo di una CAD più completa in ambito odontoiatrico, capace di associare con un sistema automatizzato una diagnosi all'immagine. Ovviamente, siamo ancora lontani da questo risultato, ma questo pare essere un primo passo in questa direzione e l'alto numero di lavori sulla stessa traccia, fanno ben sperare la comunità per sviluppi futuri.

Ringraziamenti Le immagini mediche utilizzate sono fornite dal dr. G. de Felice, che ringraziamo calorosamente per la cortesia.

-
- [1] C. BELTRÁN CASTAÑÓN, J. FRAGA, S. FERNANDEZ, A. GRUBER, AND L. DA F. COSTA, *Biological shape characterization for automatic image recognition and diagnosis of protozoan parasites of the genus eimeria*, Pattern Recognition, 40 (2007), pp. 1899–1910.
 - [2] P. ARENA, A. BASILE, M. BUCOLO, AND L. FORTUNA, *Image processing for medical diagnosis using cnn*, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 497 (2003), pp. 174–178.
 - [3] D. COMANICIU, P. MEER, AND D. J. FORAN, *Image-guided decision support system for pathology*, Machine Vision and Applications, 11 (1999), pp. 213–224.
 - [4] A. K. JAIN, R. DUIN, AND J. MAO, *Statistical pattern recognition: A review*, IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., 22 (2000), pp. 4–37.
 - [5] D. USHIZIMA, L. DA F. COSTA, E. GIL RIZZATTI, AND M. ZAGO, *A texture approach to leukocyte recognition*, Real-Time Imaging, 10 (2004), pp. 205–216.
 - [6] A. JALBA, M. WILKINSON, AND J. ROERDINK, *Shape representation and recognition through morphological curvature scale spaces*, IEEE transactions on image processing : a publication of the IEEE Signal Processing Society, 15 (2006), pp. 331–41.
 - [7] H. CHEN, K. ZHANG, P. LYU, H. LI, L. ZHANG, J. WU, AND C.-H. LEE, *A deep learning approach to automatic teeth detection and numbering based on object detection in dental periapical films*, Scientific Reports, 9 (2019).