Classificazione della malattia di Alzheimer utilizzando dati MRI basati su tecniche di Deep Learning

|  |  |
| --- | --- |
|  | Julian Pajo  Università degli Studi Aldo Moro  Bari, Italia  j.pajo@studenti.uniba.it |

***Abstract* — L’Imaging a Risonanza Magnetica (MRI) è uno strumento fondamentale per la diagnosi precoce dell’Alzheimer, permettendo di rilevare cambiamenti strutturali e funzionali nel cervello prima dell’insorgenza dei sintomi. Questo articolo propone uno studio approfondito sull'applicazione di tecniche di Deep Learning per l'analisi e la classificazione dei dati MRI. In particolare, viene esplorato il modello di rete neurale convoluzionale (CNN). Il modello proposto comprende le seguenti fasi: pre-processing, che prevede una fase di data augmentation, addestramento del modello di deep learning, e valutazione.**

***Keywords—*** ***Alzheimer, Imaging a Risonanza Magnetica (MRI), Deep learning (DL), Rete Neurale Convoluzionale (CNN)***

## **I. INTRODUZIONE**

L'Alzheimer rappresenta il 70% dei casi di demenza a livello mondiale, rendendolo il tipo di demenza più diffuso. Si tratta di una condizione neurologica irreversibile che compromette gradualmente le capacità cognitive [1] .

La ricerca per la diagnosi automatica della malattia di Alzheimer (AD) basata su tecniche tradizionali di machine learning è in continua evoluzione, e gli approcci basati sul deep learning stanno diventando una scelta sempre più popolare per la diagnosi dell'AD. Le tecniche all'avanguardia che considerano una diagnosi multimodale hanno dimostrato di avere un'accuratezza superiore rispetto alla diagnosi manuale [2] .

## Pertanto, questa ricerca vuole descrive una tecnica basata su deep learning per la rilevazione precoce dell'Alzheimer. Lo studio intende verificare l'utilità di questo approccio nella diagnosi dell'Alzheimer in fase iniziale utilizzando dati di risonanza magnetica cerebrale.

## **II.DATA COLLECTION E PREPROCESSING**

In questa sezione, descriviamo il dataset utilizzato nel nostro studio e discutiamo i passaggi di pre-processing eseguiti sui dati.

**II.IDATASET**

La risonanza magnetica (MRI) è la modalità de facto negli studi sul cervello grazie al suo superiore contrasto delle immagini nei tessuti molli senza l'uso di radiazioni ionizzanti. Le immagini MRI sono ampiamente utilizzate anche per esaminare altre regioni anatomiche [3] .

I dati utilizzati nella preparazione di questo articolo sono stati ottenuti da un dataset disponibile su Kaggle denominato "Alzheimer's Dataset 4 Class of Images". Questo dataset contiene immagini di risonanza magnetica (MRI) del cervello di pazienti con quattro diverse classi di Alzheimer: normale, moderata, moderatamente grave e grave. I dati comprendono quattro classi di immagini sia nel set di addestramento che in quello di test, con un totale complessivo di circa 5000 immagini.

Di seguito sono presentate le immagini estratte dal dataset, ognuna associata al relativo livello di Alzheimer.

Immagine che contiene testo, schermata, bianco e nero, lastra dei raggi X

Descrizione generata automaticamente

**II.IIPREPROCESSING**

Per il preprocessing dei dati, è stata condotta un'analisi preliminare. Durante questa fase è emerso che il numero di immagini per categoria nel set di addestramento non presentava un equilibrio significativo.

Immagine che contiene testo, schermata, diagramma, linea

Descrizione generata automaticamente

L'approccio utilizzato per affrontare questo problema è stato l'utilizzo del data augmentation, in particolare la tecnica di image augmentation. Questa tecnica rappresenta un ottimo modo per espandere le dimensioni del dataset, consentendo di generare nuove immagini trasformate a partire dal dataset originale. L’implementazione di tale tecnica è stata effettuata mediante l’impiego del modulo Keras ImageDataGenerator. La classe ImageDataGenerator di Keras offre un metodo rapido e agevole per l'aumento delle immagini. Fornisce una gamma di diverse tecniche di augmentazione, quali standardizzazione, rotazione, traslazione, ribaltamento, variazione di luminosità e altre.

Tuttavia, il principale vantaggio nell'utilizzare la classe ImageDataGenerator di Keras risiede nella sua capacità di fornire l'augmentazione dei dati in tempo reale. Ciò significa che genera immagini aumentate al volo mentre il modello è ancora in fase di addestramento.

Nello studio condotto, l'utilizzo delle tecniche fornite dalla classe ImageDataGenerator ha consentito di raggiungere un totale di 3000 immagini per categoria nel set di addestramento.

**III.REVISIONE DELLA LETTERATURA E MODELLI ESISTENTI**

In [4], i ricercatori presentano un framework combinato di MLP (multilayer perceptron) e identificazione RNN (rete neurale ricorrente) di questa malattia utilizzando la risonanza magnetica. Inizialmente, viene utilizzato MLP e successivamente gli autori utilizzano il RNN a 2 livelli formato sul MLP. Hanno raggiunto un'accuratezza del 89,7% per la classificazione dell'AD. Per tutti questi esperimenti, utilizzano i dataset ADNI. Wang Yan et al. [5] utilizzano soggetti a tre classi con dimensioni campione bilanciate e hanno ottenuto una maggiore precisione combinando la risonanza magnetica multimodale con il nucleo CNN. Hanno raggiunto un'accuratezza del 92,06% per questo esperimento. Gunawardena et al. [6] hanno utilizzato un totale di 1615 scansioni e hanno raggiunto un'accuratezza dell'84,4% utilizzando il vettore portante e poi hanno proposto l'approccio CNN ottenendo un'accuratezza del 96%. Ogni tecnica considerata per la rilevazione dell'AD è discussa e i relativi articoli rappresentativi sono brevemente descritti.

**IV.MODELLO DI DEEP LEARNING**

**IV.I ARCHITETTURA DEL MODELLO**

Il modello di deep learning utilizzato in questo studio è una rete neurale convoluzionale (CNN).

Una rete neurale convoluzionale è un tipo di rete neurale artificiale progettata per elaborare dati che hanno una griglia come struttura, come le immagini. È una classe speciale di reti neurali deep learning che sono particolarmente efficaci per l’analisi visiva e possono identificare pattern nelle immagini per riconoscere oggetti, classi e categorie [7].

Una CNN è composta da diversi strati che includono:

* *Strati convoluzionali*: che applicano un insieme di filtri ai dati di input per creare mappe di caratteristiche.
* *Strati di pooling*: che riducono la dimensione spaziale delle mappe di caratteristiche, mantenendo le informazioni più rilevanti.
* *Strati completamente connessi*: che prendono le caratteristiche estratte dagli strati precedenti e le usano per classificare l’input in categorie.

Il modello di deep learning utilizzato in questo studio è una rete neurale convoluzionale (CNN) composta dai seguenti strati:

* Tre strati convoluzionali con 32, 64, e 128 filtri di dimensione 3x3, ciascuno seguito da uno strato di MaxPooling 2x2 e funzione di attivazione ReLU.
* Uno strato di flattening per convertire il tensore in un vettore.
* Un primo strato fully connected con 512 neuroni e attivazione ReLU, seguito da un Dropout per prevenire l'overfitting.
* Uno strato di output con 4 neuroni e attivazione softmax per la classificazione nelle quattro categorie.

**IV.II ARCHITETTURA DEL MODELLO**

**V.SPERIMENTAZIONE E RISULTATI**

**VI. DISCUSSIONE**

**VII. CONCLUSIONI E PROSPETTIVE FUTURE**

[1] Shaymaa E. Sorour, Amr A. Abd El-Mageed, Khalied M. Albarrak,Abdulrahman K. Alnaim, Abeer A. Wafa, Engy El-Shafeiy Classification of Alzheimer’s disease using MRI data based on Deep Learning Techniques (January 2024)  
  
[2] Samsuddin Ahmed; Kyu Yeong Choi; Jang Jae Lee; Byeong C. Kim; Goo-Rak Kwon; Kun Ho Lee; Ho Yub Jung Ensembles of Patch-Based Classifiers for Diagnosis of Alzheimer Diseases (May 2019)   
  
[3] M. Cercignani, N. G. Dowell and P. S. Tofts, Quantitative MRI of the Brain: Principles of Physical Measurement, New York, NY, USA:CRC Press, 2018.  
  
[4] R. Cui, M. Liu, and G. Li, “Longitudinal analysis for Alzheimer’s disease diagnosis using RNN,” in Biomedical Imaging (ISBI 2018), 2018 IEEE 15th International Symposium on, 2018, pp. 1398-1401. https://doi. org/10.1016/j.media.2020.101694  
  
[5] Y. Wang, Y. Yang, X. Guo, C. Ye, N. Gao, Y. Fang, et al., “A Novel Multimodal MRI Analysis for Alzheimer’s Disease Based on Convolutional Neural Network,” in 2018 40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2018, pp. 754-757. DOI: 10.1109/EMBC.2018.8512372  
  
  
[6] A. Giersch and J. T. Coull, “TRF1: It Was the Best of Time (s)…,” Timing & Time Perception, vol. 6, pp. 231-414, 2018. https://doi. org/10.1163/22134468-00603001  
  
[7] https://www.ibm.com/it-it/topics/convolutional-neural-networks