

ALGORITMI BASATI SU RETI NEURALI PER L'ANALISI COMPORTAMENTALE ATTRAVERSO L'ELABORAZIONE DI SEGNALI BIOMETRICI

*Francesco Di Luzio, Federica Colonnese, Simone Colella,
Antonello Rosato, Massimo Panella*

Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Elettronica e Telecomunicazioni (DIET)
Università degli Studi di Roma "La Sapienza"
Via Eudossiana 18, 00184 Roma

La presente ricerca si colloca nell'ambito delle tecniche intelligenza computazionale, con un indirizzo sull'impiego di reti neurali per la diagnosi di disturbi del neuro-sviluppo. L'applicazione delle reti neurali e dei modelli di Intelligenza Artificiale sta trasformando significativamente il campo della diagnosi, introducendo strumenti avanzati che permettono di trattare grandi volumi di dati complessi, come quelli derivanti da esami biomedicali e analisi comportamentali, con una precisione e velocità notevolmente superiori rispetto ai metodi tradizionali [1, 2]. L'uso di IA nel processo diagnostico rende possibile una diagnosi più accurata e tempestiva, facilitando interventi precoci e personalizzati per i pazienti. Inoltre, le tecniche di Machine Learning (ML), in particolare il Deep Learning (DL), sono strumenti non invasivi e oggettivi che minimizzano gli errori umani, migliorando la valutazione dei sintomi e permettendo diagnosi più complete. L'integrazione delle reti neurali nella diagnostica rappresenta una promettente soluzione per migliorare la qualità della vita dei pazienti e delle loro famiglie [3].

Nel corso di questo studio sono state esplorate diverse configurazioni di reti neurali convoluzionali (CNN), concentrandosi sulle tecniche di ottimizzazione avanzate per migliorare l'efficacia dell'apprendimento. Poiché i segnali biomedicali sono caratterizzati da non linearità e non stazionarietà, è stata adottata inizialmente una procedura di *embedding* per rappresentare adeguatamente i dati, al fine di classificare due disturbi del neuro-sviluppo: il Disturbo dello Spettro Autistico (ASD) e il Disturbo da Deficit dell'Attenzione e Iperattività (ADHD) [4, 5].

L'ASD è un disturbo complesso ed eterogeneo che colpisce una porzione significativa della popolazione, con stime che indicano che circa 1 bambino su 100 sia affetto da questo disturbo. Questo studio ha proposto un nuovo modello di rete neurale profonda per diagnosticare l'ASD nei bambini, basandosi sull'analisi del cammino attraverso caratteristiche estratte dai fotogrammi delle registrazioni video dei loro schemi di deambulazione. Il metodo innovativo proposto unisce l'analisi delle immagini al DL, combinando l'analisi del cammino con l'identificazione non invasiva e obiettiva dell'ASD, con un'alta precisione diagnostica. Il modello segue un approccio bimodale, utilizzando due reti CNN che elaborano separatamente due set di caratteristiche estratti dallo stesso video. I risultati ottenuti dalle convoluzioni di entrambe le reti vengono poi combinati in un unico vettore che funge da input per gli strati densi finali della rete, che si occupano della classificazione binaria dei pazienti [4].

In una recente ricerca è stato anche introdotto un nuovo framework basato su reti neurali grafiche con attenzione (GAT). Il metodo proposto segue un processo in tre fasi: un modulo di estrazione delle caratteristiche estrae le rappresentazioni dalle coordinate delle articolazioni, un modulo costruttore di grafi (*Graph Constructor*, riportato in Fig. 1) crea un grafo dinamico collegando le articolazioni sulla base della loro somiglianza tramite il k-Nearest Neighbors, oltre a un modulo di elaborazione del grafo utilizza una GAT per analizzare le relazioni spaziali tra le articolazioni, regolando dinamicamente l'importanza di ciascun collegamento.

I risultati sperimentali dimostrano che il framework raggiunge un'accuratezza media del 98,92%, superando le metodologie esistenti. Grazie alla capacità delle GAT di evidenziare le connessioni più significative tra le articolazioni, lo studio offre non solo una classificazione precisa ma anche una visione interpretabile dei modelli di movimento che caratterizzano i bambini con ASD. In particolare, il modello ha rivelato che i bambini con ASD mostrano connessioni predominanti tra polsi e gomiti, suggerendo differenze motorie distintive rispetto ai bambini neurotipici, che presentano una distribuzione più uniforme delle connessioni.

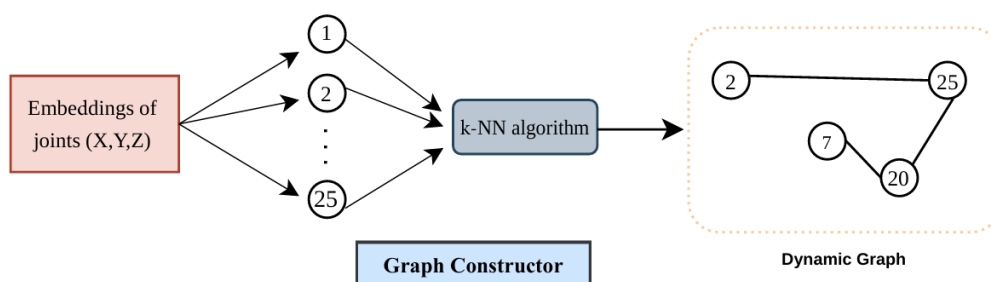


Figura 1 - Rappresentazione grafica dell'architettura del modulo Graph Constructor.

L'ADHD è uno dei disturbi del neuro-sviluppo più difficili da diagnosticare, in parte perché non esistono metodi diagnostici oggettivi e le valutazioni si basano principalmente su questionari e test dei sintomi che sono interpretati da professionisti, come psichiatri. Negli ultimi anni, però, l'uso delle tecniche di Deep Learning (DL) è emersa come una soluzione efficace per una diagnosi più precisa dell'ADHD. L'impiego di metodi avanzati di imaging non invasivo, come la Risonanza Magnetica Funzionale (fMRI), ha dimostrato di essere particolarmente promettente. I dati ottenuti tramite fMRI sono utili per monitorare l'attività cerebrale in tempo reale durante compiti che stimolano la *working memory*, un aspetto cruciale nell'identificazione dell'ADHD. Questo studio ha sviluppato un modello basato su una rete neurale CNN-3D che utilizza i dati fMRI per classificare l'ADHD in tempo reale. Il modello non solo ha dimostrato un'alta precisione nella diagnosi, ma ha anche eccelso nelle prestazioni durante la fase di inferenza, rendendolo adatto a essere utilizzato in tempo reale all'interno di sistemi diagnostici già esistenti.

Riferimenti bibliografici

- [1] R. Nayak, L.C. Jain, B.K.H. Ting, "Artificial neural networks in biomedical engineering: a review", *Computational Mechanics–New Frontiers for the New Millennium*, pp. 887-892, 2001.
- [2] S. Pang, Z. Yu, M.A. Orgun, "A novel end-to-end classifier using domain transferred deep convolutional neural networks for biomedical images", *Computer methods and programs in biomedicine*, vol. 140, pp. 283-293, 2017.
- [3] F. Di Luzio, F. Colonnese, A. Rosato, M. Panella, "Detection of Autism Spectrum Disorder by a Fast Deep Neural Network", in *Communications in Computer and Information Science*, vol. 1724, pp. 539-553, 2022.
- [4] F. Colonnese, F. Di Luzio, A. Rosato, M. Panella, "Bimodal Feature Analysis with Deep Learning for Autism Spectrum Disorder Detection", *International Journal of Neural Systems*, articolo invitato, vol. 34, no. 2, pp. 1-16, 2024.
- [5] F. Colonnese, F. Di Luzio, A. Rosato, M. Panella, "Fast Convolutional Analysis of Task-Based fMRI Data for ADHD Detection", in *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 14135, pp. 364-375, 2023.