

Sviluppo di modelli neurali per l'elaborazione di biosegnali, immagini e video per applicazioni ingegneristiche

Cosimo Ieracitano¹, Nadia Mammone¹, Muhammad Suffian², Hicham Bouchana², Marcel Musuamba Mukandila², Francesco Carlo Morabito¹

¹DICEAM, Università Mediterranea di Reggio Calabria, via Zehender, Feo di Vito
89122 Reggio Calabria, Italy

²DIIES, Università Mediterranea di Reggio Calabria, via Zehender, Feo di Vito
89122 Reggio Calabria, Italy

L'Unità di Ricerca di Reggio Calabria del dipartimento DICEAM dell'Università Mediterranea di Reggio Calabria (UniRC) ha sviluppato innovative metodologie basate su tecniche avanzate di *Artificial Intelligence (AI)* e *explainable AI (xAI)* in diversi ambiti ingegneristici. Recentemente, l'attività di ricerca riguarda:

1. Sviluppo di un classificatore basato su EfficientNet-B0, opportunamente ottimizzato, per distinguere immagini dermoscopiche di lesioni cutanee appartenenti a tre categorie: Melanoma (MEL), Nevo (NV) e Cheratosi Seborroica (SK), utilizzando il dataset dell'International Skin Imaging Collaboration (ISIC). Inoltre, lo studio si è focalizzato sullo sviluppo di un nuovo indice di affidabilità per l'IA spiegabile, denominato Trustworthiness Index for eXplainable AI (TIXAI). Il TIXAI si basa sulla differenza tra il grado di rilevanza attribuito alle aree contenenti la lesione rispetto a quelle non lesionali (valori più elevati del TIXAI corrispondono a una maggiore affidabilità percepita del classificatore).
1. Sviluppo di approcci di apprendimento per decodificare l'intenzione del movimento dai segnali elettroencefalografici (EEG) nell'ambito delle Brain Computer Interface. Inoltre, un innovativo metodo di explainability di modelli 3D è stato proposto e attualmente in revisione.
2. Sviluppo di un sistema intelligente basato su tecniche avanzate di deep learning (3D CNN) in grado di estrarre automaticamente la dinamica spazio-temporale durante il processo di deformazione di una gocciolina di olio silconico in risposta alla pressione elettroidrodinamica (EHD) per la stima automatica della viscosità del liquido in esame.
3. Sviluppo di un innovativo approccio "*Sim2Real*" che integra la generazione di dati sintetici e la classificazione con tecniche di few-shot learning per migliorare la classificazione di immagini reali, a supporto della navigazione autonoma dei rover su Marte. In particolare, è stata sviluppata una rete CNN custom, pre-addestrata su immagini sintetiche di Marte fornite da Thales Alenia Space Italia (TAS-I). La CNN pre-addestrata è stata quindi utilizzata come base per sviluppare l'approccio Sim2Real proposto. Successivamente, è stata introdotta una strategia di few-shot learning per classificare immagini reali di rover marziani tratte da un dataset esistente della NASA (National Aeronautics and Space Administration). I risultati sperimentali preliminari hanno dimostrato prestazioni promettenti nell'applicazione a immagini reali di Marte, evidenziando il potenziale degli approcci Sim2Real basati su few-shot learning per l'esplorazione planetaria.

4. Sviluppo di GNN (in particolare, graph transformer) per la detection della malattia di Alzheimer basata su EEG e alla discriminazione di due diversi tipi di crisi epilettiche.
5. Sviluppo di un sistema per la classificazione di anemia ereditarie basati sulla combinazione dei risultati dell'imaging olografico in microscopia e dell'intelligenza artificiale (AI). In particolare, è stato analizzato il contenuto informativo codificato in immagini quantitative di contrasto di fase di globuli rossi (RBC) e sviluppo di un approccio di deep learning (DL), costituito da una rete neurale convoluzionale custom, per la classificazione multiclasse delle immagini di globuli rossi di soggetti sani e immagini di globuli rossi di pazienti affetti da anemia. Inoltre, è stata investigata l'interpretabilità del modello proposto.

L'Unità di Ricerca di Reggio Calabria è coinvolta nei seguenti progetti:

1. "Novel Approaches to Energy reduced deep Learning for health" (ACRONYM: NAEL), CUP C33C23001040005, programma di Ricerca e Innovazione FAIR "Future Artificial Intelligence Research"
2. Fa.Per.Me – *Caratterizzazione dei fattori di rischio genetici e molecolari per le malattie cronico degenerative, per lo studio e la progettazione di terapie personalizzate e per il supporto alla medicina epidemiologica*
3. Radioamica - *Open Network per la RADIOmica/rAdiogenoMica Cooperativa basata su intelligenza artificiale*
4. PRIN 2022: *TIPER: Toward an Intelligent Pyro-Ehd micro-Rheometer*
5. PRIN PNRR 2022: *i-BLOOD: Intelligent holographic image-Based differential diagnosis of hereditary anemias*
6. PRIN 2022: *EXEGETE: Explainable Generative Deep Learning Methods for Medical Image and Signal Processing*
7. PRIN PNRR 2022: *IMPROVE: Interactive digital twin solutions for cardiovascular disease Management, Prevention and treatment leveraging the internet of things and Edge intelligence paradigms*
8. PRIN 2022: *CAIUS: Integration of Artificial Intelligence and Ultrasonic Techniques for Monitoring Control and Self-Repair of Civil Concrete Structure*
9. ASI: *STAND4AI: Standardizing rustworthiness And Neural Development For Artificial Intelligence*

References

1. Ieracitano, C., Morabito, F. C., Hussain, A., Suffian, M., & Mammone, N. (2025). TlxAI: A Trustworthiness Index for explainable AI in skin lesions classification. *Neurocomputing*, 630, 129701.
2. Abadal, S., Galván, P., Mármol, A., Mammone, N., Ieracitano, C., Giudice, M. L., ... & Morabito, F. C. (2025). Graph neural networks for electroencephalogram analysis: Alzheimer's disease and epilepsy use cases. *Neural Networks*, 181, 106792.
3. Morabito, F. C., Ieracitano, C., Mammone, N., Valentino, M., Wang, Z., Schiavo, M., ... & Miccio, L. (2024, September). Towards a Deep Learning Approach to Discriminate Hereditary Anemias. In *2024 IEEE 8th Forum on Research and Technologies for Society and Industry Innovation (RTSI)* (pp. 339-344). IEEE.
4. Ieracitano, C., Tammaro, D., Mammone, N., Tkachenko, V., Coppola, S., Vespini, V., ... & Maffettone, P. L. (2024, September). A Deep Learning Approach for the Automatic Video Classification of Silicone Oil Droplet Deformation Induced by Electrohydrodynamic Effect. In *2024 IEEE 8th Forum on Research and Technologies for Society and Industry Innovation (RTSI)* (pp. 345-350). IEEE.
5. Morabito, F. C., Campolo, M., Ieracitano, C., & Mammone, N. (2024). Explainable deep learning to information extraction in diagnostics and electrophysiological multivariate time series. In *Artificial Intelligence in the Age of Neural Networks and Brain Computing* (pp. 225-250). Academic Press..
6. Mammone, N., Ieracitano, C., Spataro, R., Guger, C., Cho, W., & Morabito, F. C. (2024). A few-shot transfer learning approach for motion intention decoding from electroencephalographic signals. *International Journal of Neural Systems*, 34(02), 2350068..