

# MATHEMATICAL SCIENCES

## MUR DM 118 - Modellistica e tecniche di machine learning nella ricerca di strutture nascoste nella rilevazione di segnali

<b>Funded By</b>	MINISTERO DELL'UNIVERSITA' E DELLA RICERCA [P.iva/CF:97429780584] Politecnico di TORINO [P.iva/CF:00518460019]
<b>Supervisor</b>	RONDONI LAMBERTO - <a href="mailto:lamberto.rondoni@polito.it">lamberto.rondoni@polito.it</a>
<b>Contact</b>	
<b>Context of the research activity</b>	<p>Modellistica fisico-matematica e tecniche di machine learning sono considerate assieme per incrementare le proprie capacità di indagine di fenomeni complessi, come nel cosiddetto physics-informed machine learning. Il progetto intende sviluppare questo approccio, per la rilevazione di strutture nascoste, causa rumore ma anche mancanza di comprensione dei fenomeni, in segnali di varia natura.</p> <p>Progetto finanziato nell'ambito del PNRR – DM 118/2023 - CUP E14D23001900006</p>
	<p>L'analisi dei segnali della più diversa natura ha caratteristiche ricorrenti, indipendenti da molti dettagli che distinguono i diversi fenomeni che li hanno prodotti. Per esempio, i segnali per molti versi più lontani dalla nostra esperienza, quelli delle onde gravitazionali, hanno caratteristiche comuni a quelli della voce umana e tecniche di interesse astrofisico possono quindi avere ricadute di rilevanza biomedica e sanitaria. Ora, l'analisi di segnali di fenomeni complessi si trova sovente a dover evidenziare strutture che i segnali grezzi non rivelano, in quanto affetti da un bassissimo rapporto segnale/rumore, ma anche dalla mancanza di conoscenze sulle variabili che maggiormente influenzano il fenomeno di interesse e che impedisce di orientare adeguatamente l'analisi, nonostante l'apparente abbondanza di dati. Per fenomeni complessi, la cui natura dipenda da un numero di variabili anche relativamente limitato, la quantità di dati disponibile non sarà mai effettivamente superiore alle necessità e in genere resterà inferiore. Questo è particolarmente vero nello studio di fenomeni ambientali mai osservati in precedenza, come il susseguirsi di eventi estremi a intervalli così ravvicinati che non esistono nel passato esempi confrontabili. Diventa pertanto necessario sviluppare modelli di carattere predittivo, che possano poi essere studiati analiticamente o simulati numericamente, che aiutino a orientare la</p>

**Objectives**

ricerca di strutture nascoste nei segnali grezzi e che ne chiariscano il significato, una volta che siano state individuate. Il physics-informed learning integra dati affetti da rumore con modelli matematici attraverso reti neurali o altri metodi di regressione, in quanto si possono sviluppare codici che soddisfano automaticamente certi vincoli o incorporano certe regole di evoluzione. Per esempio, gli invarianti di un dato fenomeno fisico possono essere conosciuti indipendentemente dal dettaglio delle dinamiche coinvolte. La conoscenza di questo fatto riduce immediatamente e drasticamente l'ampiezza dello spazio che si dovrebbe esplorare. L'apprendimento diventa quindi molto più veloce e l'utilizzo dei dati disponibili molto più efficace e la quantificazione delle incertezze più affidabile [1,2]. Data la vastità del campo delle possibili applicazioni, quelle che verranno effettivamente affrontate saranno calibrate sulle missioni del PNRR e sulle competenze e sugli interessi della persona assegnataria della borsa.

[1] Karniadakis, G.E., Kevrekidis, I.G., Lu, L. et al. Physics-informed machine learning. *Nat Rev Phys* 3, 422–440 (2021)

[2] Shashank Reddy Vadyala, Sai Nethra Betgeri, John C. Matthews, Elizabeth Matthews, A review of physics-based machine learning in civil engineering, *Results in Engineering*, Volume 13 100316 (2022)

**Skills and competencies for the development of the activity**

Le competenze di base richieste dai corsi di matematica, fisica, chimica, ingegneria e affini sono sufficienti per avviarsi alla ricerca programmata. Conoscenze più approfondite di equazioni della fisica matematica, o di fisica dei sistemi complessi e del disequilibrio, o di tecniche di machine learning risulteranno utili.