

**NONLINEAR MODELLING AND OPTIMIZATION OF COMPOSITE STRUCTURES  
UNDER COMPLEX LOADING USING MACHINE LEARNING TECHNIQUES**

**MODELLAZIONE E OTTIMIZZAZIONE NON LINEARE DI STRUTTURE COMPOSITE  
SOTTOPOSTE A CARICHI COMPLESSI TRAMITE TECNICHE DI APPRENDIMENTO  
AUTOMATICO**

Tutor Prof. Ing. Nicholas Fantuzzi

**Progetto di Ricerca**

Il progetto di ricerca proposto si concentra sullo sviluppo di metodi computazionali avanzati per l'analisi e l'ottimizzazione di strutture sottili in materiale composito sottoposte a condizioni di carico complesse. Tali strutture trovano ampio impiego nei settori aerospaziale, automobilistico e dell'energia rinnovabile, grazie al loro elevato rapporto resistenza/peso e alla flessibilità progettuale. Tuttavia, il comportamento non lineare di queste strutture in condizioni operative realistiche — che includono carichi variabili, grandi deformazioni e imperfezioni — rappresenta una sfida significativa in termini di modellazione.

Per affrontare queste sfide, il progetto integrerà simulazioni numeriche ad alta fedeltà, come l'analisi agli elementi finiti non lineare, con approcci di modellazione surrogata basati su tecniche di machine learning. L'obiettivo è catturare la complessa interazione tra non linearità geometriche e dei materiali, condizioni al contorno e prestazioni strutturali quali rigidità, smorzamento e soglie di cedimento. Questo approccio ibrido consentirà un'esplorazione efficiente degli spazi progettuali e un'ottimizzazione strutturale in tempo quasi reale.

Particolare attenzione sarà rivolta all'identificazione e alla mitigazione di fenomeni vibroacustici e di instabilità, critici nelle strutture leggere. L'intelligenza artificiale supporterà inoltre la progettazione inversa e l'analisi di sensitività, riducendo drasticamente i costi computazionali senza compromettere la precisione.

I risultati del progetto contribuiranno allo sviluppo di sistemi compositi di nuova generazione, più affidabili e performanti, sostenendo strategie progettuali innovative e sostenibili, in linea con le sfide ingegneristiche attuali.

**Piano formativo**

Il piano formativo mira a fornire al borsista competenze teoriche, numeriche e sperimentali avanzate per affrontare la modellazione e l'ottimizzazione di strutture composite non lineari. Il percorso include tematiche di meccanica del continuo, analisi non lineare, dinamica strutturale e tecniche di machine learning applicate all'ingegneria. Saranno inoltre approfondite metodologie di modellazione surrogata e riduzione della complessità

computazionale. Il borsista acquisirà padronanza nell'uso di software FEM avanzati e linguaggi di programmazione per l'integrazione di modelli numerici e algoritmi di intelligenza artificiale. È prevista la partecipazione a scuole tematiche, workshop e conferenze internazionali. Il piano formativo sarà costantemente aggiornato in base all'evoluzione del progetto e finalizzato allo sviluppo di autonomia scientifica e capacità interdisciplinari.

Il Tutor

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Nicholas Fantuzzi', written in a cursive style.

---

Prof. Ing. Nicholas Fantuzzi