



AL MAGNIFICO RETTORE
DELL'UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI MILANO

COD. ID: 6633

Il sottoscritto chiede di essere ammesso a partecipare alla selezione pubblica, per titoli ed esami, per il conferimento di un assegno di ricerca presso il Dipartimento di Matematica *Federigo Enriques*
Responsabile scientifico: **Professor Simone Scacchi**

Giovanni Ziarelli - CV

INFORMAZIONI PERSONALI

Cognome	Ziarelli
Nome	Giovanni

OCCUPAZIONE ATTUALE

Incarico	Struttura
Studente di Dottorato in Mathematical Models and Methods in Engineering	Dipartimento di Matematica <i>Francesco Brioschi</i> presso il Politecnico di Milano (MI)

ISTRUZIONE E FORMAZIONE

Titolo	Corso di studi	Università	anno conseguimento titolo
Laurea Magistrale	Mathematical Engineering - Track in <i>Computational Science and Computational Learning</i>	Politecnico di Milano (MI)	2021
Laurea Magistrale	Ingegneria Matematica	Politecnico di Torino (TO)	2021
Dottorato di ricerca (in corso)	Mathematical Models and Methods in Engineering	Politecnico di Milano (MI)	(atteso) 2025



LINGUE STRANIERE CONOSCIUTE

lingue	livello di conoscenza
Inglese	B2 (FCE Cambridge)

PREMI, RICONOSCIMENTI E BORSE DI STUDIO

anno	Descrizione premio
2016	Premio <i>Ingegnere Franco Todini</i> - Cavaliere del lavoro. Il premio è stato assegnato dopo una valutazione dell'intero percorso scolastico superiore tra gli studenti di ciascun indirizzo del Liceo Statale Jacopone da Todi (Todi - PG) che hanno conseguito il diploma superiore nel 2015/2016.
2018	Borse di studio a studenti fuori sede particolarmente meritevoli a.a. 2017/2018 (erogata da Politecnico di Milano).
2019	Borse di studio a studenti fuori sede particolarmente meritevoli a.a. 2018/2019 (erogata da Politecnico di Milano).

ATTIVITÀ DI FORMAZIONE O DI RICERCA

Formazione: Presso il Politecnico di Milano ho conseguito il 23 luglio 2019 la laurea triennale in *Ingegneria Matematica* (110/110 e Lode), per poi proseguire con il percorso magistrale in *Mathematical Engineering - Computational Science and Computational Learning* (laurea conseguita il 7 ottobre 2021 con votazione 110/110 e Lode). Il mio percorso di studi è stato orientato, anche attraverso la scelta di opportuni corsi facoltativi, nell'ambito della modellistica matematica e numerica di problemi differenziali, con particolare attenzione alle PDE ellittiche ed iperboliche. Sono stati principalmente studiati ed analizzati metodi numerici classici, come metodi FEM, elementi spettrali, DG-FEM, tecniche di decomposizione di domini, tecniche di stabilizzazione. Inoltre, ho seguito corsi specifici per la modellistica matematica di fenomeni biologici come modelli per il potenziale d'azione, propagazione del segnale elettrico nelle cellule, instabilità di Turing, elementi di meccanica dei continui applicati a materiali biologici. Nel corso di *Numerical Analysis for Partial Differential Equations*, inoltre, ho lavorato su un progetto integrato successivamente nella libreria LifeX (progetto ERC iHeart coordinato dal professor Alfio Quarteroni) relativo alla modellistica della meccanica attiva e passiva dell'atrio sinistro, guidato dal professor Luca Dede'. Infine, durante il percorso magistrale, ho partecipato al programma multidisciplinare *Alta Scuola Politecnica* tra il Politecnico di Milano e il Politecnico di Torino. Questo progetto mi ha permesso di conseguire la laurea equiparata al titolo di Mathematical Engineering presso l'ateneo torinese, oltre a 30 CFU aggiuntivi costituiti da scuole su tematiche di soft skills e un progetto multidisciplinare. Tale progetto, guidato dal Dipartimento di Meccanica del Politecnico di Milano e dal Laboratorio for Bone-Biomechanics dell'ETH di Zurigo, verteva sullo sviluppo di tecniche (meccaniche e numeriche) per lo studio di modelli di frattura delle ossa partendo da dati microCT ottenuti al Sincrotrone Elettra (Trieste) da soggetti fisiologici e osteoporotici.

Ricerca: In novembre 2021 ho iniziato il dottorato di ricerca in Metodi e Modelli Matematici per l'Ingegneria presso il Politecnico di Milano con Borsa Ministeriale (conseguimento del titolo atteso in febbraio 2025). Il progetto di ricerca, supervisionato dai professori Marco Verani e Nicola Parolini, intende sviluppare modelli e metodi numerici che possano essere informativi durante eventi epidemici e che permettano di rispondere alle questioni emergenti durante gli stessi eventi, come la previsione del picco delle infezioni, la stima del tasso di avanzamento e trasmissione della malattia, l'allocazione ottima di risorse vaccinali e di altri possibili trattamenti. Gli obiettivi principali del progetto di ricerca sono:

- **Costruzione di modelli epidemici data-driven:** Sviluppare schemi numerici, anche basati su tecniche di Machine Learning, adattati alle specifiche caratteristiche virologiche dell'infezione in esame partendo dai dati disponibili;



- **Contributi Metodologici alle tecniche utilizzate per il controllo ottimo delle epidemie:** i problemi più comuni di allocazione ottimale dei trattamenti per la cura di infezioni epidemiche sono matematicamente formulati come problemi di ottimizzazione vincolata con condizioni di stato differenziali, spesso non-convessi e dimensionalmente alti. Necessitano quindi di tecniche *ad hoc* per la riduzione dei costi computazionali in gioco e per garantire la convergenza dei metodi numerici impiegati;
- **Utilizzo di schemi di Machine Learning per la ricostruzione di dinamiche latenti:** Sviluppare nuove architetture di Machine Learning per l'approssimazione di dinamiche latenti di parametri chiave in modelli epidemici standard.

La questioni riguardanti l'ottimizzazione numerica per problemi epidemici sono state investigate durante il primo anno e mezzo di dottorato, in cui abbiamo affrontato, su un modello adattato per il COVID19 sviluppato internamente al MOX, il problema dell'allocazione ottimale delle dosi vaccinali nelle stratificazioni per età. In questo contesto, particolare attenzione è stata riposta nella scelta del metodo di ottimizzazione per attaccare il problema numerico.

In seguito, abbiamo investigato la possibilità di applicare tecniche di Operator Learning (con particolare attenzione al Kernel Operator Learning) per l'approssimazione della mappa non-lineare che, data una strategia che modella le misure non farmaceutiche implementabili in un contesto epidemico (come i differenti livelli di restrizione), ricostruisce gli infetti giornalieri. Tale mappa risulta essenziale per la valutazione dell'impatto delle differenti strategie implementabili durante quegli eventi epidemici in cui la maggior parte dei parametri fisiologici della malattia sono incogniti o incerti e che necessitano di una risposta immediata. L'utilizzo di tecniche di Kernel Operator Learning permette di risolvere il problema minimizzando il tempo impiegato per la ricostruzione del modello.

Oggi, stiamo sviluppando un'architettura in grado di approssimare la dinamica differenziale che regge i tassi di trasmissione di malattie epidemiche rispetto a parametri esogeni che potenzialmente li influenzano, come la stagionalità, le misure non farmaceutiche e il lignaggio del virus stesso. L'obiettivo è quello di ricostruire la dinamica degli infetti attraverso modelli semplici e comunemente utilizzati in questo contesto (come il *SEIR*) e, allo stesso tempo, approssimare la dinamica differenziale incognita del tasso di trasmissione per possibili previsioni future.

Dato l'interesse su tecniche di Machine Learning e metodi di ottimizzazione, stiamo, infine, concludendo la formalizzazione di una tecnica di parallelizzazione in tempo per l'accelerazione del training di Reti Neurali Residuali (ResNets). Infatti, è ormai noto che il training di tali architetture può essere ricondotto alla risoluzione di un problema di controllo ottimo con problema di stato costituito da ODE, che può essere accelerato mediante tecniche di parallelizzazione in tempo (o ParaReal).

ATTIVITÀ PROGETTUALE

Anno	Progetto
2021-2022	Collaborazione nell'ambito del progetto epiMOX con il Ministero per le Pari Opportunità e la Famiglia (XIX legislatura) per lo sviluppo e il mantenimento di modelli compartimentali predittivi durante la pandemia da COVID19 nell'ambito del progetto "Un modello matematico per lo studio dell'epidemia da COVID19 su scala nazionale" (DIPOFAM 0000192 P-4.26.1.9, 15/01/2021).



CONGRESSI, CONVEGNI E SEMINARI

Data	Titolo	Sede
5-9 giugno 2022	Speaker nel mini-symposium <u>Mathematical and Numerical Modelling of COVID-19 Epidemic</u> . Titolo: <i>Numerical Modelling of Optimal Vaccination strategies for SARS-CoV-2</i> .	8th European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering (ECCOMAS Congress 2022) in Oslo, Norway.
28 agosto - 1 settembre 2023	Speaker nel mini-symposium <u>Recent Advances on the mathematical and numerical modeling of epidemics</u> . Titolo: <i>Enhanced methods for reliable predictions and for epidemic</i> .	SIMAI Member General Meeting in Matera, Italia,
18 - 19 maggio 2023	Titolo: <i>Planning vaccination campaigns through optimal control theory</i> .	Workshop del gruppo UMI - Modellistica Socio-Epidemica (UMI-MSE) in Napoli, Italia.
10 - 12 luglio 2024	Speaker nel mini-symposium <u>Young advances in numerical approximation of differential problems with applications</u> . Titolo: <i>Learning operators through kernel methods for epidemic phenomena</i> .	Workshop Gruppo Italiano di Meccanica Computazionale (GIMC) e SIMAI per giovani ricercatori in Napoli, Italia.
10 - 12 luglio 2024	Corresponding organizer del mini-symposium <u>Optimization methods for classical and data-driven approaches</u> .	Workshop Gruppo Italiano di Meccanica Computazionale (GIMC) e SIMAI per giovani ricercatori in Napoli, Italia.

PUBBLICAZIONI

Articoli su riviste
Optimized numerical solutions of SIRDVW multiage model controlling SARS-CoV-2 vaccine roll out: An application to the Italian scenario (2023) , <i>Infectious Disease Modelling</i> , 8(3), 672-703. Autori: Giovanni Ziarelli, Luca Dede', Nicola Parolini, Marco Verani, Alfio Quarteroni.
Predictive performance of multi-model ensemble forecasts of COVID-19 across European nations (2023) , <i>Elife</i> , 12, e81916. Autori: Katherine Sherrat, Hugo Gruson, Rok Grah et al.
The synergy of synchrotron imaging and convolutional neural networks towards the detection of human micro-scale bone architecture and damage (2023) , <i>Journal of Mechanical Behavior of Biomedical Materials</i> , 137, 105576. Autori: Federica Buccino, Irene Aiuzzi, Alessandro Casto, Binqi Liu, Maria Chiara Sbarra, Giovanni Ziarelli, Giuseppe Banfi, Laura Maria Vergani.



Preprint (o articoli in preparazione)
Learning epidemic trajectories through Kernel Operator Learning: from modelling to optimal control (2024) , arXiv preprint arXiv:2404.11130. Autori: Giovanni Ziarelli, Nicola Parolini, Marco Verani.
A SEIHRDV multi-age multi-group epidemiological model applied to COVID-19 epidemics in Italy (in preparazione). Autori: Luca Dede', Nicola Parolini, Alfio Quarteroni, Giulia Villani, Giovanni Ziarelli.
A Model Learning approach for estimating the latent dynamics of transmission rate applied to Influenza epidemic waves (in preparazione). Autori: Giovanni Ziarelli, Francesco Regazzoni, Stefano Pagani, Nicola Parolini, Marco Verani.
A Parallel Optimization in time Scheme (ParaOpt) for accelerating the training of Residual Neural Networks (in preparazione). Autori: Gabriele Ciaramella, Nicola Parolini, Marco Verani, Giovanni Ziarelli.

Le dichiarazioni rese nel presente curriculum sono da ritenersi rilasciate ai sensi degli artt. 46 e 47 del DPR n. 445/2000.

Il presente curriculum non contiene dati sensibili e dati giudiziari di cui all'art. 4, comma 1, lettere d) ed e) del D.Lgs. 30.6.2003 n. 196.

RICORDIAMO che i curricula **SARANNO RESI PUBBLICI** sul sito di Ateneo e pertanto si prega di non inserire dati sensibili e personali. Il presente modello è già precostruito per soddisfare la necessità di pubblicazione senza dati sensibili.

Si prega pertanto di **NON FIRMARE** il presente modello.

Luogo e data: Milano, 24 maggio 2024