

Borsa di Studio finanziata da fondi PNRR ex DM 351 del 09.04.2022

Missione 4, componente 1, linea di investimento 4.1

Estensione del numero di dottorati di ricerca e dottorati innovativi per la pubblica amministrazione e il patrimonio culturale

Dottorati PNRR

Tematica di ricerca

ITALIANO Reti neurali informate dalla fisica con applicazioni alle dinamiche socio-epidemiologiche

INGLESE Physics-informed neural networks with applications to socio-epidemiological dynamics

Dottorato di Ricerca

Matematica

Ciclo di dottorato: XXXVIII

Tipologia di Impresa e mesi frequenza obbligatoria (se previsto)

NON PREVISTO

Mesi frequenza obbligatoria all'estero

Mesi 6

Obiettivi generali della ricerca

Dall'insorgenza del nuovo coronavirus sono stati proposti numerosi modelli matematici che descrivono le dinamiche epidemiche a diversi livelli. La maggior parte di tali modelli soffre di grandi incertezze, derivanti principalmente dalla mancanza di identificabilità dei parametri e dal rumore dei dati scarsi disponibili. Questa mancanza di identificabilità è legata alla scarsa disponibilità di dati e alle complesse caratteristiche biologiche della trasmissione del virus, che sono in gran parte sconosciute e difficili da misurare e comprendono varie mutazioni emergenti. La sfida scientifica consiste nel riconoscere le grandi limitazioni di questi modelli, nell'identificare le molteplici fonti di incertezza e nel proporre modelli flessibili in grado di gestire l'eterogeneità delle caratteristiche sociali degli individui, le variazioni stagionali del contagio, i ritardi temporali, i dati rumorosi, e la stocasticità intrinseca. In questo progetto di ricerca ci si propone di superare queste difficoltà sviluppando reti neurali informate dalla fisica (PINN) per modelli epidemiologici dipendenti dall'eterogeneità del territorio. Le PINN forniscono uno strumento di calcolo flessibile che codifica le corrispondenti equazioni alle derivate parziali (PDE) nelle reti neurali per soddisfare i modelli matematici e allo stesso tempo adattare accuratamente i dati. Un aspetto particolarmente delicato nella costruzione delle relative PINN riguarda la presenza di scale multiple nella dinamica, ad esempio gli individui che si spostano tra diverse città per effetto di dinamiche lavorative hanno un comportamento molto diverso dagli individui la cui attività si svolge principalmente in ambito urbano. In tale contesto si analizzeranno reti neurali che preservano la struttura multiscala del modello, dette asymptotic-preserving (AP), in grado di risolvere efficacemente il problema inverso della determinazione delle caratteristiche epidemiche.

English version:

Since the emergence of the new coronavirus, numerous mathematical models have been proposed describing epidemic dynamics at different levels. Most of these models suffer from large uncertainties, arising mainly from the lack of identifiability of parameters and noise from the sparse data available. This lack of identifiability is related to poor data availability and the complex biological features of virus transmission, which are largely unknown and difficult to measure and include various emerging mutations. The scientific challenge is to recognize the major limitations of these models, to identify the multiple sources of uncertainty, and to propose flexible models that can handle heterogeneity in the social characteristics of individuals, seasonal variations in infection, time lags, noisy data, and inherent stochasticity. In this research project, we aim to overcome these difficulties by developing physics-informed neural networks (PINNs) for epidemiological models dependent on spatial heterogeneity. PINNs provide a flexible computational tool that encodes the corresponding partial differential equations (PDEs) in neural networks to fit mathematical models while accurately fitting the data. A particularly sensitive issue in the construction of related PINNs concerns the presence of multiple scales in the dynamics, e.g., individuals who move between different cities as a result of work dynamics have very different



Finanziato dall'Unione
europea
NextGenerationEU



Università
degli Studi
di Ferrara

behavior from individuals whose activity takes place primarily in urban areas. In this context, we will analyze neural networks that preserve the multiscale structure of the model, called asymptotic-preserving (AP), which can effectively solve the inverse problem of determining epidemic characteristics.

Impatto in relazione a uno o più dei seguenti fattori: (i) miglioramento della sostenibilità ambientale; (ii) accelerazione di processi di trasformazione digitale; (iii) promozione dell'inclusione sociale

I modelli epidemiologici utilizzati terranno conto delle caratteristiche sociali degli individui, quali l'eterogeneità dei contatti modellizzata da opportune distribuzioni statistiche note sperimentalmente. Altre caratteristiche sociali di rilievo utilizzate saranno l'età degli individui e la loro condizione lavorativa e di reddito. Questo aspetto consentirà di analizzare l'impatto delle epidemie sulla formazione di disuguaglianze sociali e di evidenziare scenari che consentano di prevenire fenomeni di esclusione sociale.

English version:

The epidemiological models used will take into account social characteristics of individuals, such as contact heterogeneity modeled by appropriate statistical distributions known experimentally. Other relevant social characteristics used will be the age of individuals and their employment and income status. This aspect will make it possible to analyze the impact of epidemics on the formation of social inequalities and to highlight scenarios to prevent phenomena of social exclusion.