Prospettive future del Calcolo Scientifico nell'ambito del Programma Nazionale per la Ricerca (PNR)

Prof. Salvatore Cuomo

Università degli Studi di Napoli Federico II

M·O·D·A·L
Mathematical mOdelling and Data Analysis Laboratory

Dipartimento di Matematica e Applicazioni ''R. Caccioppoli''

http://wpage.unina.it/salcuomo

Camerino, 18 Giugno 2021

PNR e Competenze specifiche

Considerando che nell'ultimo decennio la crescita delle reti informatiche e delle capacità di memorizzazione dei supporti hanno permesso di avere a disposizione grandi quantità di dati accessibili anche in remoto.

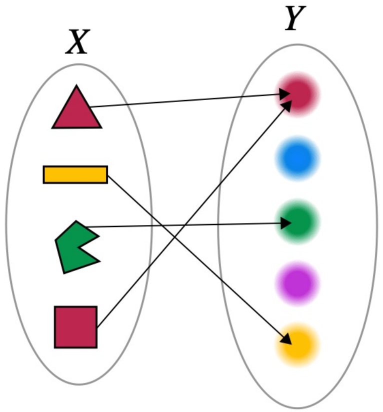
- competenze sull'apprendimento automatico e, più in generale, sull'analisi dati che necessitano della costruzione di modelli che permettano di estrarre le informazioni rilevanti e di definire algoritmi che possano ricavare le informazioni mancanti.

- La disponibilità di "grande quantità di dati" non è sufficiente a garantire che i modelli generati per lo studio dei fenomeni in esame siano affidabili, per molte ragioni:

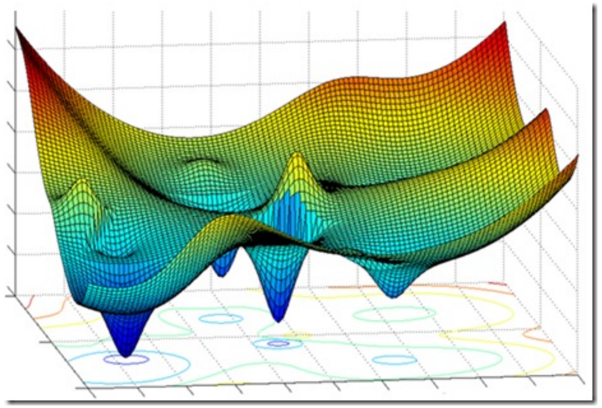
  -i dati sono non strutturati o non completamente affidabili;
  -i dati sono rappresentati da un grande numero di variabili, di cui solo poche possono essere significative per il problema;
  -i dati possono cambiare rapidamente nel tempo;
  -la numerosità del campione può essere piccola rispetto alle dimensioni dei dati;
  -il campione può non essere rappresentativo dell'intero fenomeno.

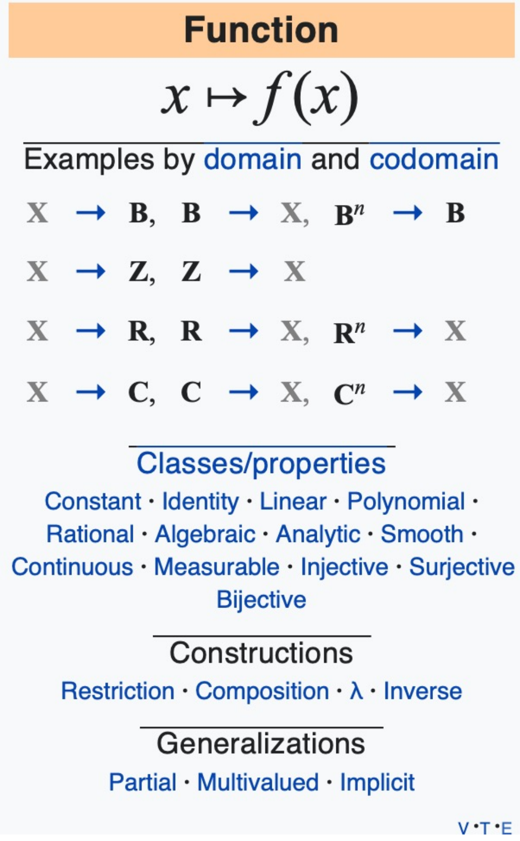
Idea «rozza» dati e modelli

- ✓ In un corso 0 di Matematica



- ✓ In un corso avanzato di Matematica



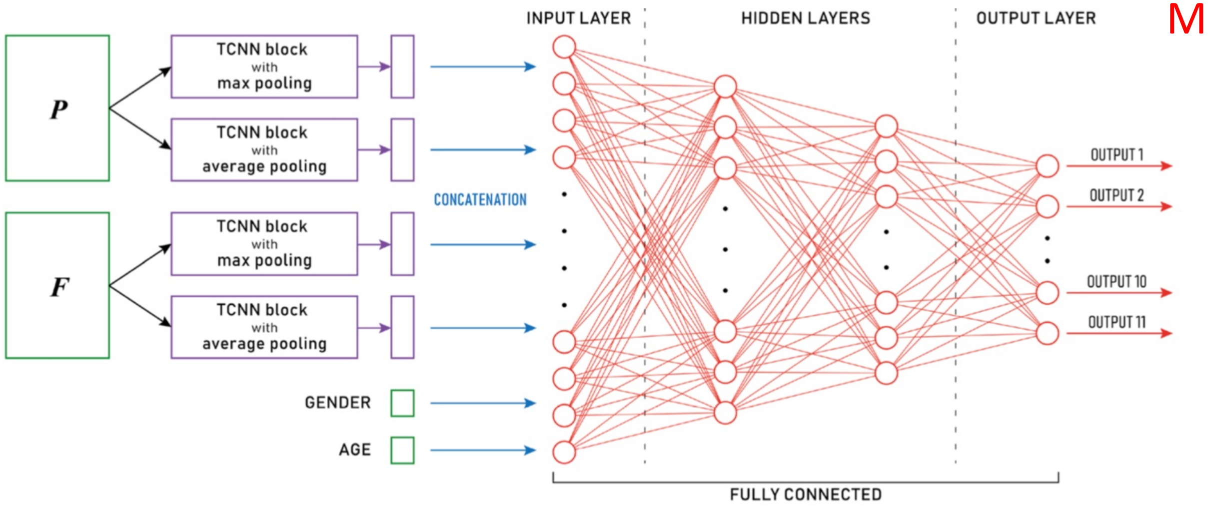


Dati e Modelli nelle Applicazioni

Dati

		Types of data		
		Continuous attributes	Categorical attributes	Mixed attributes
Cardinality of Relationship	**Univariate** Described by individual attributes (independence)	Type I Extreme value anomaly	Type II Rare class anomaly	Type III Simple mixed data anomaly
	Multivariate Described by multidimensionality (dependence)	Type IV Multidimensional numerical anomaly	Type V Multidimensional rare class anomaly	Type VI Multidimensional mixed data anomaly

Modello



Credits: Piccialli, F., Cuomo, S., Crisci, D., Prezioso, E., & Mei, G. (2020). ***A deep learning approach for facility patient attendance prediction based on medical booking data.*** *Scientific Reports*, *10*(1), 1-11.

Machine Learning (ML) e Deep Learning (DL) sono metodologie pervasive in numerosi campi di ricerca. È particolarmente nel calcolo scientifico e nella scienza computazionale.

- Spesso tali metodologie vengono viste come una magica "scatola nera" non basata su solidi formalismi matematici e principi rigorosamente spiegabili. Questi approcci di apprendimento rappresentano nuovi paradigmi per risolvere in modo efficiente e accurato i problemi nel Calcolo Scientifico.

- Per quanto riguarda l'efficacia di questa nuova sfida, devono essere affrontate molte questioni cruciali e affascinanti ancora aperte. Per esempio:

  i) come le metodologie note della matematica computazionale, in particolare i kernel numerici, possono essere integrate e migliorare i modelli di apprendimento automatico;

  ii) in che modo gli approcci ML e DL hanno cambiato la ricerca nell'analisi numerica, nel calcolo scientifico e più in generale nella scienza computazionale;

  iii) come ML e DL influenzeranno la scelta di adottare modelli matematici complessi e/o approcci data-driven per la risoluzione dei problemi?

L'interesse su tali tematiche sono dimostrate dai Gruppi UMI TAA e UMI Intelligenza Artificiale

Settori chiave della ricerca, dell'innovazione, della PA, dell'industria e del benessere della società avanzano una domanda di big data, di piattaforme dati e di sistemi di calcolo a elevate prestazioni.

- Horizon Europe esplicitamente assegna allo High Performance Computing (calcolo avanzato e ad alte prestazioni HPC) e ai big data (grandi sistemi di dati) un ruolo primario per il perseguimento dei seguenti impatti:

  - sviluppare un'economia basata sui dati, dinamica, attrattiva, sicura e fondata su processi agili di gestione e fruizione dei dati (cfr. impatto atteso di Horizon Europe n. 20);

  - accrescere i livelli di sovranità e indipendenza dell'Unione Europea nelle esistenti e nelle future tecnologie emergenti ed abilitanti (cfr. impatto atteso di Horizon Europe n. 21);

  - determinare uno sviluppo umano-centrico ed etico delle tecnologie digitali e industriali (cfr. impatto atteso di Horizon Europe n. 24).

Buone prassi ereditate da H2020

- Gli impatti attesi n. 21 e 24 di Horizon Europe includono lo sviluppo di tecnologie a sostegno delle grandi sfide sociali e sistemiche, come quelle per la prevenzione e la sostenibilità di epidemie e pandemie.

- Finanzieranno un progetto ad alto impatto dedicato allo “sviluppo di spazi comuni europei di dati e interconnessione delle infrastrutture cloud”.

Il progetto si fonda sulla promozione di investimenti combinati di 4-6.000 milioni di euro, con una prima fase di attuazione prevista per il 2022.

HPC4AI

The Turin's High-Performance Centre for Artificial Intelligence

The University of Turin and Polytechnic University of Turin have joined forces to create a federated competence centre on High-Performance Computing (HPC), Artificial Intelligence (AI) and Big Data Analytics (BDA). HPC4AI is designed as a centre capable of collaborating with entrepreneurs to boost their ability to innovate on data-driven technologies and applications. HPC4AI started in 2017 with the construction of four new federated computing laboratories completed at the end of 2020. HPC4AI is organized in two poles: one at the University of Turin (UNITO), which coordinated the design and implementation phase of HPC4AI, and another at the Polytechnic of Turin (POLITO).
All laboratories are now fully operative. More details on offered services can be found at Universi†à di Torino HPC4AI@UNITO Politecnico di Torino

Esperienze progettuali in Linea con il PNR

- In questo ambito presso l'Università degli Napoli Federico II, abbiamo condotti studi con il Laboratorio Mathematical Modelling and Data Analysis Laboratory (MODAL) ricerche su Intelligenza Artificiale e Machine Learning in vari ambiti

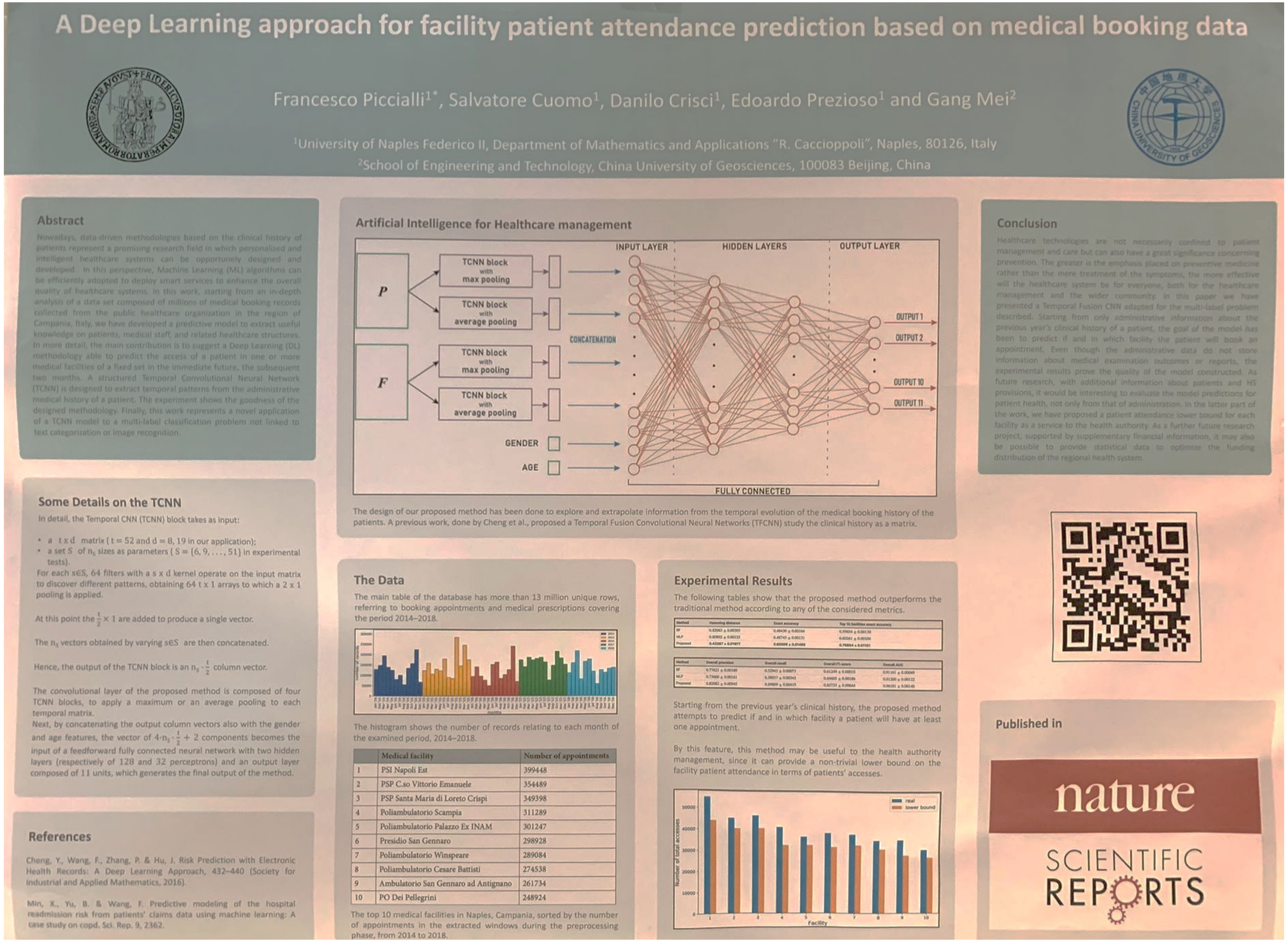
- L'attività di MODAL è condotta direttamente da
  - Salvatore Cuomo, Prof. Associato Analisi Numerica, Dipartimento di Matematica e Applicazioni;
  - Francesco Piccialli, Rtd-B Informatica, Dipartimento di Matematica e Applicazioni;
  - Fabio Giampaolo, Dottorando;
  - Eduardo Prezioso, Dottorando Industriale;
  - Vincenzo Schiano di Cola, Dottorando Industriale;
  - Federico Izzo, Borsista di Ricerca;
  - Federico Gatta, Borsista di Ricerca;

Mathematical mOdelling and
Data AnaLysis research group
http://www.labdma.unina.it

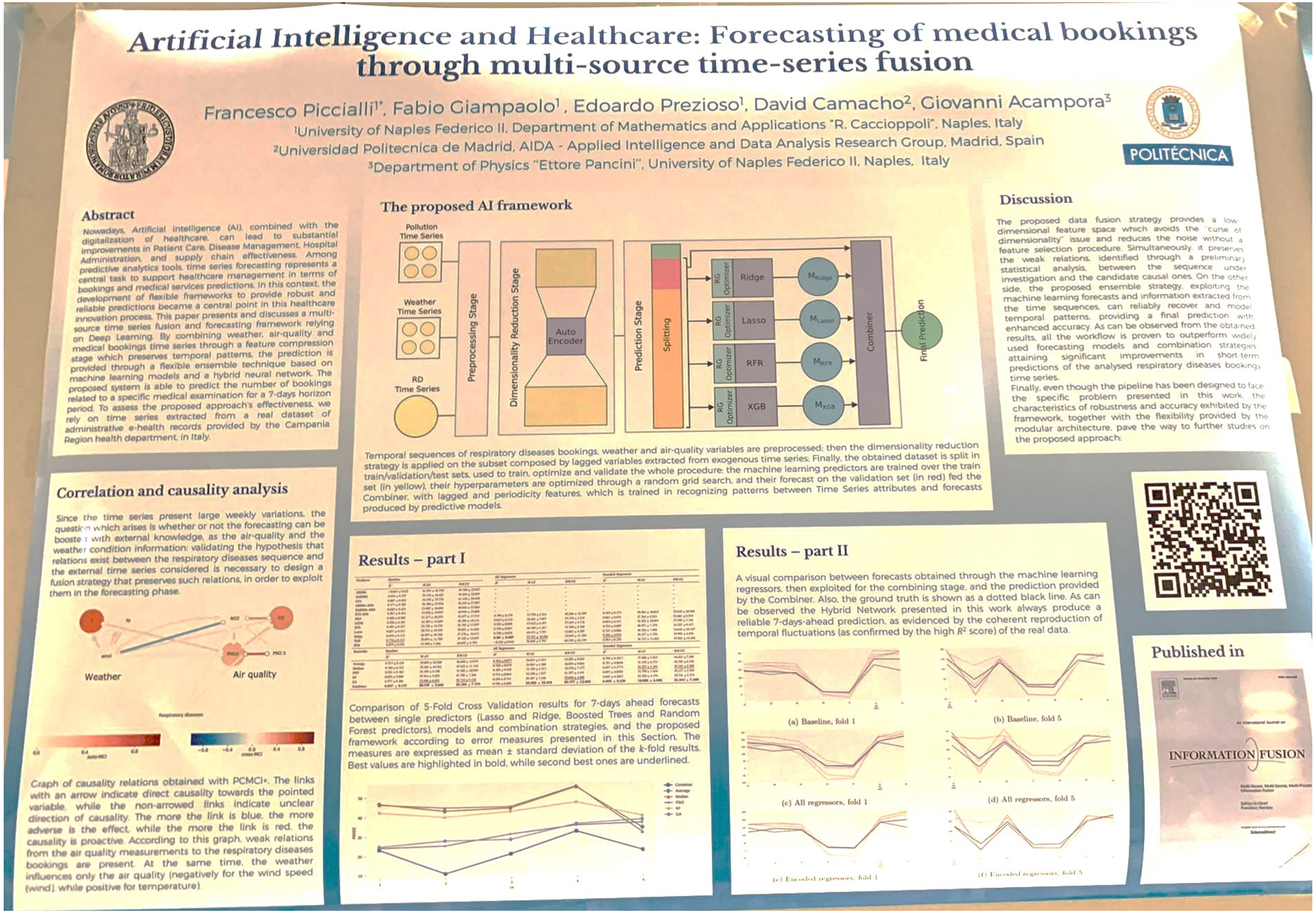
Colleghi di Università straniere ed italiane tra cui.

Università Politecnica di Madrid, Università delle Geoscience di Pechino, Università di Stanford, Università di Padova, Università di Firenze.

Esempi di Ricerche supportate da progetti di ricerca



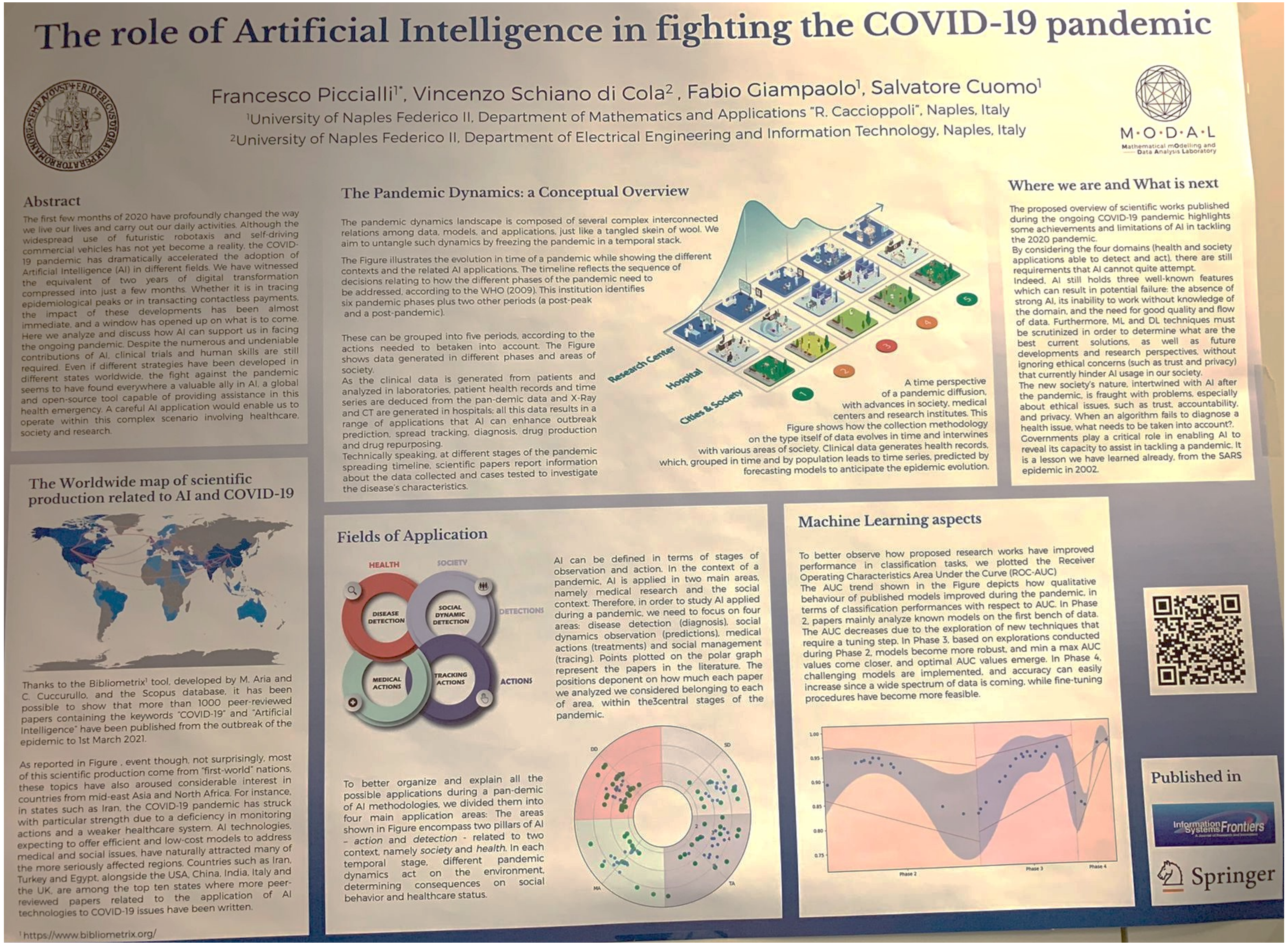
Esempi di Ricerche supportate da progetti di ricerca



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II

M·O·D·A·L
Mathematical mOdelling and Data Analysis Laboratory

Esempi di Ricerche supportate da progetti di ricerca



Dispositivi medicali, organi artificiali e tecnologie neuromorfiche per la medicina bionica e rigenerativa

- *Priorità di ricerca*: sviluppo di nuove tecnologie per la progettazione di soluzioni biomedicali specifiche per il paziente e la produzione di dispositivi impiantabili e non, in particolare di quelli endovascolari e intravascolari; sistemi innovativi per la sostituzione della funzione d'organo (nuovi sistemi dialitici per l'adozione dell'emodialisi domiciliare e ridurre i costi dei trattamenti dialitici, strategie per ridurre le complicanze dei dispositivi VAD, strategie per aumentare efficienza e automazione dei sistemi ECMO, sistemi di preservazione della funzione degli organi in vista del trapianto, endoprotesi);

- tecnologie neuromorfiche per applicazioni in medicina e tecnologie a bassa invasività per il sistema nervoso centrale e/o quello periferico; tecnologie per la rigenerazione di tessuti complessi *in vitro* e *in vivo* anche attraverso l'utilizzo di tecnologie di stampa 3D ottenute da informazioni anatomiche derivanti da immagini cliniche;

- integrazione in clinica di sistemi per produzione di modelli fisici 3D anche per la pianificazione chirurgica e il training chirurgico; sviluppo di modelli fisici e computazionali.

Articolazione 10 del PNR

Bioinformatica e biologia sintetica

- *Priorità di ricerca*: nuovi algoritmi, metodologie e tecnologie per l'analisi di dati biologici e la modellazione dei sistemi biologici (*high-throughput screening*, *High Performance Computing*, *data bioscience*);

- analisi e modellazione dei sistemi biologici con riferimento alla fisiopatologia umana mediante metodi e strumenti bio-informatici e matematici innovativi.

VI ASPETTIAMO A NAPOLI
(...POST COVID-19)