

Padova, 20 gennaio 2025

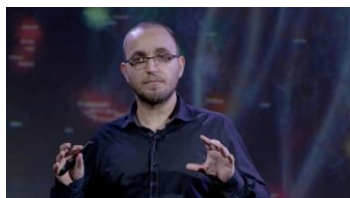
I GEMELLI DIGITALI PER LA MEDICINA PERSONALIZZATA

Studio dell'Università di Padova pone le basi per una nuova generazione di strumenti diagnostici e terapeutici che combinano la scienza delle reti, la biologia computazionale e la medicina digitale

Il futuro della medicina personalizzata sta assumendo una nuova forma grazie a un approccio trasparente basato su modelli computazionali che superano i limiti delle tradizionali metodologie di intelligenza artificiale.

Un team internazionale guidato da ricercatori dell'Università di Padova del Padua Center for Network Medicine ha proposto un nuovo quadro concettuale per l'uso dei gemelli digitali (*digital twins*) in medicina di precisione. Il gemello digitale è un modello virtuale di un oggetto fisico che segue il ciclo di vita dell'oggetto e utilizza i dati in tempo reale inviati dai sensori sull'oggetto stesso per simularne il comportamento e monitorare le operazioni.

I risultati della ricerca dal titolo *Challenges and opportunities for digitaltwins in precision medicine from a complex systems perspective* sono stati pubblicati sulla rivista scientifica «NPJ Digital Medicine», del gruppo editoriale *Nature*, e pongono le basi per una nuova generazione di strumenti diagnostici e terapeutici che combinano la scienza delle reti, la biologia computazionale e la medicina digitale.



Manlio De Domenico

«Il nostro approccio non è un semplice esercizio di modellazione predittiva – **spiega Manlio De Domenico, primo autore dello studio e docente al dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Università di Padova** –. Si basa su modelli computazionali complessi guidati da ipotesi biologiche esplicite, che consentono di simulare e analizzare interventi terapeutici in modo trasparente e interpretabile, migliorando la comprensione dei meccanismi sottostanti ai processi biologici. La sfida, adesso, è farli comunicare bene tra loro».

Una piattaforma interdisciplinare per la medicina del futuro

Lo studio si distingue per la sua interdisciplinarietà, poiché integra concetti e tecniche della fisica statistica con la biologia e la medicina. I gemelli digitali descritti nel lavoro non sono semplici riproduzioni statistiche di dati clinici ma veri e propri modelli esplicativi che, in linea di principio, sono in grado di replicare in-silico il comportamento di cellule, organi o interi organismi utilizzando simulazioni basate su meccanismi biologici multiscala e multilivello. Questo consente di esplorare strategie terapeutiche dinamiche e ottimizzare le decisioni cliniche in tempo reale.

La ricerca, condotta in collaborazione con l'Università Ca' Foscari di Venezia, la Binghamton University (USA), il London Institute for Mathematical Sciences e la Universidade Católica Portuguesa di Lisbona, mette in evidenza come questi modelli possano colmare le lacune delle tecniche basate sull'intelligenza artificiale "opaca", definita tale in quanto la sua complessità impedisce agli utenti umani di comprendere e spiegare pienamente i meccanismi che la guidano, suscitando una certa diffidenza nel suo utilizzo. Questa complessità ostacola la diffusione dell'intelligenza artificiale in settori cruciali come medicina e sicurezza.

«Il nostro obiettivo è rendere la medicina personalizzata più affidabile e comprensibile, evitando l'opacità delle soluzioni puramente data-driven», aggiunge **Valeria d'Andrea**, ricercatrice del dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Ateneo patavino, che ha contribuito allo studio.



Valeria d'Andrea

Impatti pratici e applicazioni future

Grazie all'uso di modelli generativi ipotesi-guidati, questo approccio promette di migliorare l'efficacia delle terapie personalizzate, riducendo i rischi associati a diagnosi e trattamenti non ottimali. L'integrazione di "big data" biologici, storici e ambientali consente inoltre di catturare la complessità delle interazioni biologiche e dell'esposoma (l'insieme degli stimoli ambientali che entrano in contatto con il corpo), aprendo nuove possibilità nella lotta contro malattie complesse come il cancro, le malattie neurodegenerative e molte patologie croniche.

«I gemelli digitali non solo simulano scenari clinici realistici, ma permettono di testare interventi terapeutici in modo sicuro ed efficiente, fornendo uno spettro di alternative clinicamente rilevanti per supportare le decisioni dei medici», **conclude De Domenico**.

Questa ricerca rappresenta un punto di incontro tra fisica dei sistemi complessi, medicina e biologia dei sistemi e delinea nuove prospettive per lo sviluppo di una medicina più equa, efficace e sostenibile, segnando un passo importante verso la realizzazione del potenziale della medicina di precisione. L'impegno del Padua Center for Network Medicine dell'Università di Padova in questa direzione sottolinea il ruolo centrale della ricerca interdisciplinare nella trasformazione della medicina moderna.

Link: <https://www.nature.com/articles/s41746-024-01402-3>

Titolo: *Challenges and opportunities for digitaltwins in precision medicine from a complex systems perspective* – «NPJ Digital Medicine» – 2025

Autori: Manlio De Domenico, Luca Allegri, Guido Caldarelli, Valeria d'Andrea, Barbara Di Camillo, Luis M. Rocha, Jordan Rozum, Riccardo Sbarbati, & Francesco Zambelli

