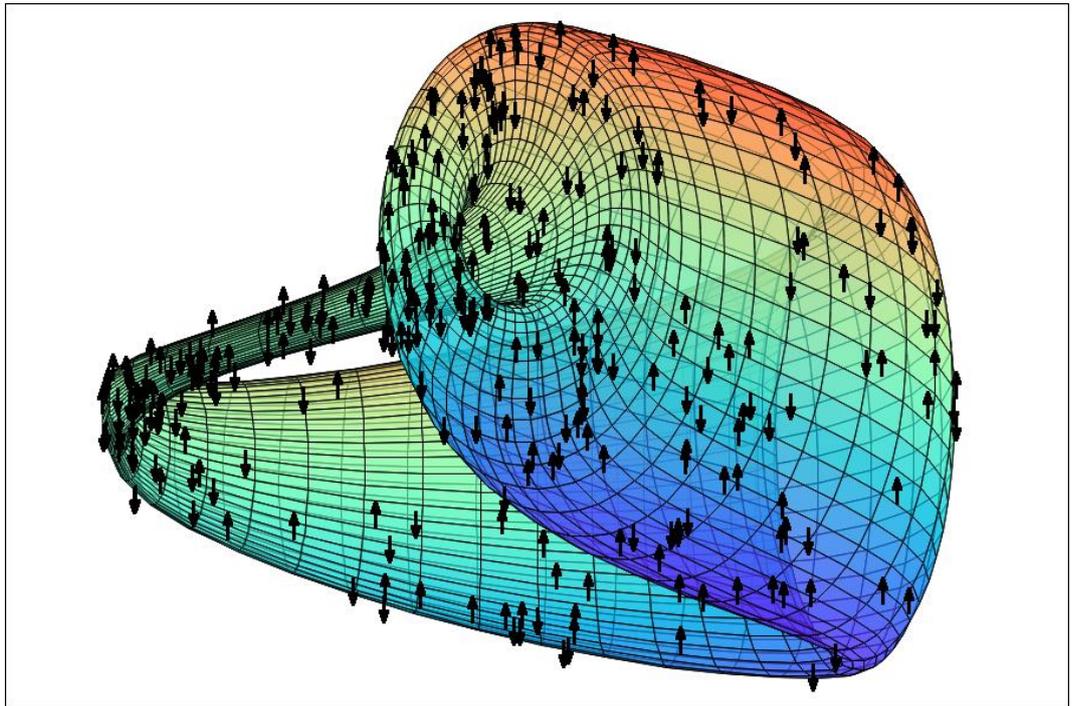


COMUNICATO STAMPA

Leggere la fisica che si nasconde nei dati

Un team multidisciplinare ICTP e SISSA mette a punto una procedura per identificare transizioni di fase a partire da dati grezzi



Trieste, 03 marzo 2021

L'informazione è codificata nei dati. Questo vale per la maggior parte degli aspetti della nostra vita quotidiana, ma è anche vero nella maggior parte dei rami della fisica contemporanea. Estrarre informazioni utili e significative da grandi quantità di dati è infatti uno degli obiettivi principali del lavoro di molti fisici.

Nella meccanica statistica, i set di dati molto grandi sono all'ordine del giorno. Un esempio classico è la funzione di partizione, un complesso oggetto matematico che descrive sistemi fisici in equilibrio. Questo oggetto matematico può essere visto come un insieme di molti punti, ognuno dei quali descrive un grado di libertà di un sistema fisico, cioè le variabili necessarie a descriverne tutte le proprietà.

Un team interdisciplinare di scienziati del Centro Internazionale di Fisica Teorica (ICTP) e della Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati (SISSA) ha dimostrato che un insieme così massiccio di dati può essere analizzato per mettere in evidenza le proprietà fisiche fondamentali di un sistema sconosciuto.

Questi risultati sono stati evidenziati in un articolo appena pubblicato su *Physical Review X*, che introduce un nuovo punto di vista sulle transizioni di fase, basato



The Abdus Salam
**International Centre
for Theoretical Physics**



esclusivamente sull'analisi di grandi insiemi di dati. Il team ha dimostrato che una proprietà statistica generica dei grandi set di dati che descrivono un'ampia gamma di sistemi fisici in equilibrio, detta *dimensione intrinseca*, può in effetti rivelare il verificarsi di una transizione di fase all'interno del sistema che viene analizzato.

Gli autori dell'articolo, coordinati da Marcello Dalmonte, ricercatore della Sezione di Condensed Matter and Statistical Physics dell'ICTP e collaboratore della SISSA, provengono da background differenti. Tiago Mendes, ex postdoc all'ICTP e ora ricercatore presso l'Istituto Max Planck per la fisica dei sistemi complessi, a Dresda, in Germania, lavora principalmente nell'ambito dei metodi numerici applicati alla meccanica statistica. Alex Rodriguez è un chimico, precedentemente ricercatore alla SISSA e ora all'ICTP, che lavora nell'implementazione di algoritmi di sistemi complessi e nello sviluppo di metodi di machine learning. Xhek Turkeshi, infine, dottorando alla SISSA, lavora principalmente nell'ambito della fisica statistica.

I ricercatori si sono concentrati sulla *dimensione intrinseca*, che si può definire come il numero minimo di variabili necessarie per rappresentare un insieme di dati senza perdere informazioni. "Prendiamo, ad esempio, tutte le persone in tutto il mondo", spiega Rodriguez. "Questo è già un insieme di dati di per sé. Ora, se vogliamo specificare la posizione di tutte le persone nel mondo, in teoria, avremmo bisogno delle coordinate di tutte le loro posizioni nello spazio, cioè di tre dati per ogni persona. Ma poiché possiamo approssimare la Terra a una superficie bidimensionale, avremo bisogno di soli due parametri, cioè la latitudine e la longitudine. Questo è un esempio di *dimensione intrinseca*: se il set di dati fosse l'umanità, la *dimensione intrinseca* sarebbe 2, non 3".

Nel contesto più teorico dei sistemi statistici, lo studio dimostra che la *dimensione intrinseca* può rivelare proprietà collettive delle funzioni di partizione durante le transizioni di fase termiche. Ciò significa che, indipendentemente dal sistema in esame, i dati possono mostrare se e quando quel sistema stia attraversando una transizione di fase.

Il team ha inoltre sviluppato un quadro teorico per spiegare perché i dati generici mostrano un comportamento così 'universale', comune a un'ampia gamma di diverse transizioni di fase, dallo scioglimento del ghiaccio ai ferromagneti. "Il lavoro introduce un nuovo punto di vista sulle transizioni di fase, mostrando come la dimensione intrinseca riveli le corrispondenti transizioni strutturali nello spazio dei dati", affermano gli scienziati, "quando il ghiaccio si scioglie, anche la sua struttura dati lo fa".

Ciò che è veramente nuovo in questo lavoro è che i dati grezzi rispecchiano il comportamento fisico dei sistemi in esame, e questo è importante per i ricercatori, poiché consente loro di analizzare un sistema senza conoscerne la fisica sottostante. Guardare i dati è sufficiente per vedere se c'è o meno una transizione nel sistema, senza nemmeno sapere che tipo di transizione sia. "Potremmo dire che questo metodo è completamente agnostico", afferma Mendes. "Non è necessario conoscere a priori tutti i parametri del sistema; basta solo lavorare con i dati grezzi e vedere cosa ne viene fuori".



The Abdus Salam
**International Centre
for Theoretical Physics**



Visti gli interessanti risultati ottenuti, il team prevede di continuare a lavorare insieme nella stessa direzione, ampliando il proprio campo di analisi. Gli studiosi stanno già preparando un secondo articolo, incentrato sulle cosiddette 'transizioni di fase quantistiche', ovvero sistemi quantistici in cui le transizioni di fase avvengono a una temperatura uguale a zero e sono indotte da parametri esterni, come il campo magnetico.

Molte sono anche le possibili applicazioni di questi risultati: dagli esperimenti con le simulazioni al computer di sistemi quantistici agli aspetti più fondamentali della fisica, come la cromodinamica quantistica, che potrebbero avere un impatto anche sulla fisica nucleare. "Un'interessante possibilità di applicazione è usare la fisica statistica per comprendere il machine learning", afferma Rodriguez. "In questo tipo di ricerca, che va dal quantum computing allo studio delle reti neurali, ad esempio, le transizioni di fase sono molto spesso coinvolte e potremmo provare a utilizzare il nostro metodo per affrontare tutti questi tipi di problemi".

LINK UTILI

Articolo:

[https://journals.aps.org/prx/abstract/
10.1103/PhysRevX.11.011040](https://journals.aps.org/prx/abstract/10.1103/PhysRevX.11.011040)

IMMAGINE

"Rappresentazione grafica di un sistema fisico come superficie curva e topologicamente complessa"
Crediti: Mendes-Santos, Turkeshi, Dalmonte and Rodriguez

CONTATTI

SISSA

Chiara Saviane

→ saviane@sissa.it

T +39 040 3787230

M +39 333 7675962

Marina D'Alessandro

→ mdalessa@sissa.it

T +39 040 3787231

M +39 349 2885935

ICTP

Mary Ann Williams

→ mwilliams@ictp.it

T +39 040 2240 603

Marina Menga

→ mmenga@ictp.it

T +39 3276571184