

Padova, 9 luglio 2024

DALLA FISICA STATISTICA DELLE RETI COMPLESSE UN AIUTO PER COMPRENDERE I FENOMENI EMERGENTI

Dal cambiamento climatico alla polarizzazione sociale, ricercatori dell'Università di Padova svelano la “geometria nascosta” di questi fenomeni

Dalle relazioni sociali alle arterie principali del traffico urbano, dai circuiti neuronali alle reazioni metaboliche nelle cellule, i fenomeni che influenzano la nostra vita derivano da interazioni complesse tra molteplici elementi. Questi sistemi, definiti appunto “complessi”, generano fenomeni emergenti che spesso non possono essere compresi analizzando l'attività delle loro singole componenti.

Un esempio tipico sono le “comunità funzionali”, gruppi di componenti altamente correlati e interagenti, con funzioni simili. Queste comunità possono includere, ad esempio, persone con interessi comuni, geni o proteine che collaborano per funzioni cellulari specifiche o nicchie di organismi che cooperano per mantenere l'equilibrio ecologico del loro habitat.

Nello studio dal titolo *“Unraveling the mesoscale organization induced by network-driven processes”* pubblicato sulla rivista «PNAS», che vede come primo autore **Giacomo Barzon del dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Ateneo patavino e del Padova Neuroscience Center**, per comprendere come le singole unità di un sistema comunicano tra di loro gli autori hanno investigato come piccole perturbazioni applicate a ciascuna unità si propagano nel tempo all'interno delle reti complesse di cui fanno parte. Questo ha permesso di ricostruire la “geometria nascosta” di questi fenomeni, basata su una misura di distanza effettiva tra le componenti. Una breve distanza indica una comunicazione efficace tra le componenti, mentre una distanza elevata suggerisce che questi sono, probabilmente, funzionalmente scollegati.

Questo framework ha significative implicazioni pratiche e offre una base per diverse applicazioni future. Per esempio, può aiutare a comprendere come il cambiamento climatico potrebbe influenzare le dinamiche delle comunità sociali o ecologiche, consentendo di prevedere e mitigare i suoi effetti sull'ambiente con interventi mirati. O, ancora, nel contesto dei social network può fornire insight su come gruppi sempre più polarizzati emergano e interagiscano online, suggerendo strategie per promuovere un dialogo più costruttivo e mitigare la polarizzazione sociale.



Giacomo Barzon

«Comprendere a fondo i meccanismi e le condizioni che generano questi fenomeni è essenziale per capire il funzionamento dei sistemi complessi e sviluppare strategie mirate per ripristinarli quando necessario – **commenta Giacomo Barzon, primo autore della ricerca** –. Negli ultimi trent'anni, la scienza delle reti si è concentrata sull'analisi delle connessioni strutturali tra le componenti, ma questo approccio non basta per spiegare l'emergere delle comunità funzionali. È infatti cruciale considerare anche i fenomeni fisici specifici che si verificano all'interno delle reti e le condizioni ambientali che influenzano la velocità e l'efficienza di questi processi. **Nei neuroni, ad esempio, la temperatura e l'equilibrio chimico possono modulare la velocità dei segnali elettrici, mentre nelle epidemie fattori come clima, densità di popolazione e comportamenti sociali possono influenzare la diffusione dei virus.** Tuttavia, l'approccio specialistico delle diverse discipline ha limitato la comprensione completa dell'emergere di questi pattern funzionali».

«I nostri metodi sono basati sulla fisica statistica delle reti complesse, una disciplina abbastanza recente ma ben rappresentata dai gruppi di ricerca del nostro ateneo, e in particolare del Dipartimento di Fisica e Astronomia – **continua Manlio De Domenico, docente di fisica delle reti complesse dell’Ateneo patavino che ha guidato il team internazionale** –. Il nostro studio nel laboratorio di ricerca computazionale, il CoMuNe Lab, in collaborazione con il LIPh Lab e l’Università di Barcellona, ha dimostrato che molti processi fisici, chimici, biologici e sociali possono essere meglio compresi in termini di moduli funzionali, che rispondono all’ambiente e si organizzano in maniera inattesa rispetto a quanto si potrebbe dedurre dalla sola conoscenza della scala microscopica delle loro componenti. L’universalità di questi fenomeni è uno degli aspetti più studiati, e ancora meno compresi, della fisica dei sistemi complessi».



Manlio De Domenico

Link alla ricerca: <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2317608121>

Titolo: *Unraveling the mesoscale organization induced by network-driven processes* – «PNAS» – 2024

Autori: Giacomo Barzon, Oriol Artime, Samir Suweis, Manlio De Domenico