



INTELLIGENZA DIFFUSA LA SFIDA DEL FUTURO

Negli Usa è bastato il guasto a una centralina per causare un blackout costato 50 miliardi di danni: un esempio di come nel mondo di oggi sia decisivo studiare e gestire i sistemi complessi

GIULIO CASATI

Il 7 luglio 2019 un malfunzionamento nella stazione elettrica sulla West 49th Street a New York ha lasciato al buio per oltre quattro ore circa 70 mila persone nella zona di Manhattan. Il precedente blackout dell'agosto del 2003, il più grande nella storia americana, coinvolse oltre 50 milioni di persone nel nordest degli Stati Uniti e nel Canada ed ha provocato danni per circa 50 miliardi di dollari. Nella sola New York, la mancanza di energia elettrica causò, tra le altre cose, la chiusura di tutti e tre gli aeroporti metropolitani, la paralisi del sistema viario, la mancata erogazione di acqua potabile ai piani superiori degli edifici, un enorme accumulo di rifiuti urbani, il riversamento di grandi quantità di acque reflue non trattate nell'ambiente ed un aumento delle morti del 122% per incidenti stradali e del 25% per disfunzioni degli apparecchi medici.

Questi episodi rendono evidente come fenomeni diversi tra loro, in questo caso le risorse e i servizi essenziali per il mantenimento delle funzioni vitali della società moderna, siano connessi tra loro. Essi riguardano la salute, la sicurezza, l'operatività di un intero Paese, il suo sistema economico e sociale (trasporti, sanità, comunicazioni, pubblica amministrazione ecc.) mettendo a repentaglio la stessa sicurezza nazionale. È stato stimato che tutti questi servizi ritenuti essenziali collaserebbero in circa 36 ore. Molte di queste interdipendenze non sono percepite perché non evidenti e ciò rende ancor più complesso il processo di ristabilimento e ripristino della situazione normale.

L'importanza della rete

Quanto sopra dà una idea di cosa sia un sistema complesso: un piccolo guasto in un singolo elemento della rete può provocare il collasso dell'intera rete di distribuzione dell'energia. Le domande

che sorgono sono evidenti: vorremmo capire come una enorme rete di sistemi tra loro interagenti - siano essi reti elettriche o reti di neuroni - si comportano collettivamente nel loro insieme una volta nota la loro dinamica individuale e la architettura che li tiene insieme.

Elementi eterogenei

In generale, un sistema complesso è un qualunque sistema costituito da un grande numero di elementi eterogenei nel quale la interazione locale tra questi elementi crea una struttura collettiva a molti livelli. Esempi sono i sistemi naturali, dalle biomolecole e cellule viventi ai sistemi sociali umani, alla ecosfera così come a sofisticati sistemi artificiali come internet o un qualunque sistema di software distribuito su larga scala.

La specificità di un sistema complesso, in generale poco o niente considerato dalla scienza tradizionale, risiede nel formarsi di superstrutture non banali che spesso determinano il comportamento del sistema e non possono essere individuate nelle proprietà dei singoli costituenti. È frequente che un sistema complesso abbia delle straordinarie proprietà di robustezza contro perturbazioni anche su vasta scala. Essi hanno una intrinseca capacità di adattamento e di mantenere la loro stabilità.

Gli scienziati si trovano di fronte a nuove sfide nel tentativo di descrivere i sistemi complessi in modo efficiente, e di sviluppare teorie sul loro comportamento e sul loro controllo. I sistemi complessi richiedono un approccio interdisciplinare. Infatti, le domande universali che pongono possono essere formulate in modo analogo per uno spettro molto largo di discipline - dalla biologia ai network di calcolatori, alle società umane.

La ricerca sui sistemi complessi si propone di scoprire le pro-



Un'immagine simbolica di New York di notte: una rete di luci FOTO DI PAULO BARCELLOS JR. VIA WIKIMEDIA COMMONS



Giulio Casati FISICO

Stabilità a lungo termine e competitività si ottengono diversificando le competenze non rendendole sempre più settoriali

fonde relazioni che intercorrono tra i sistemi artificiali, i sistemi umani e quelli naturali. Questi problemi, per la loro natura, trascendono ogni specifico campo di ricerca. Ad esempio, la comprensione dei principi fondamentali di organizzazione, ci aiuta a capire come funzionano le cellule in biologia, le aziende in economia, i magneti nella fisica. Per fare un esempio, il sistema economico globalizzato attuale è in forte analogia con i sistemi biologici. Entrambi si muovono in un ambiente in continua trasformazione. Ne segue che, in analogia ai sistemi biologici, la forte interconnessione dell'economia globalizzata comporta che flessibilità e adattabilità siano elementi essenziali per la competitività. Pertanto, a differenza di ciò che usualmente è presentato dalle teorie economiche standard, la stabilità a lungo termine e la competitività si ottengono attraverso la diversificazione e non la specializzazione. Solo la diversificazione è in grado di fornire la robustezza e la flessi-

bilità in rapporto alle innovazioni e ai cambiamenti dei competitori.

Network

Nell'attuale contesto di globalizzazione e di crescente importanza delle interazioni a grande distanza attraverso gli svariati network, l'analisi dei sistemi complessi aiuterà ad esplorare le diverse questioni relative allo sviluppo economico, la coesione sociale, oppure l'ambiente su diverse scale geografiche. Infine, la rapida crescente influenza delle tecnologie di informazione e comunicazione e il grande numero di network decentralizzati che dipendono da queste nuove tecnologie, richiedono pressantemente lo studio e le soluzioni che vengono dalla ricerca nei sistemi complessi. In particolare, l'attuale trend, dai processori ai network, porta alla emergenza della cosiddetta "intelligenza diffusa" che gioca un crescente ruolo nella progettazione e gestione dei network nel futuro.

© RIPRODUZIONE RISERVATA

APPROFONDIMENTO

IL FESTIVAL DEDICATO A QUESTO TEMA

Giulio Casati (Como, 1942) è un fisico teorico, che si occupa in particolare di caos quantistico. È docente all'Università dell'Insubria a Como. Nel 2008 ha ricevuto il Premio Enrico Fermi. Dal 1980 è coordinatore scientifico del Centro Alessandro Volta e poi di Fondazione Volta. In questa veste da 9 anni sovrintende ai contenuti del Festival della luce che quest'anno si terrà dal 13 al 22 maggio e ha per titolo "Luce sulla complessità: dai cristalli all'ecosfera". Il calendario completo degli eventi si trova sul sito <https://fondazionealessandrovolta.it/festival-della-luce-lake-como>. Il festival celebrerà anche il bicentenario di Pasteur, cui dedichiamo le due pagine seguenti.