

## Orizzonti Scienze

### Modelli / 1

Alla vigilia della conferenza di Lucca sui sistemi complessi, il «guru delle reti» Albert-László Barabási spiega a «la Lettura» perché ci riguardano: i loro meccanismi si ripetono, dalle celebrità alla biologia

# Il cosmo funziona come le star di Hollywood

di ANNA MELDOLESI

**M**oltre differente recita uno slogan che è nato all'inizio degli anni Settanta ed è diventato un classico. Il di più è un'altra cosa. Vale per cervelli, città, economie, ecosistemi. La complessità è ovunque, fuori e dentro di noi. I sistemi complessi sono composti da tanti elementi in relazione fra loro: neuroni, strade, imprese o specie. Ciò che conta è che, una volta messi insieme, esibiscono comportamenti diversi da quelli delle singole parti.

Se esistesse un asse che parte dall'ordine e finisce nel caos, sarebbe difficile stabilire dove collocare questi sistemi. Di certo crescono, evolvono, ci colgono di sorpresa nel bene e nel male. Riusciremo mai a prevederne i comportamenti? Albert-László Barabási, della Northeastern University (Boston), è uno dei massimi esperti del campo ed è ottimista al riguardo. Il fisico di origine ungherese ha contribuito a inaugurare una nuova stagione negli studi sulla complessità e la prossima settimana sarà a Lucca, per l'undicesima edizione della European Conference on Complex Systems. «La posta in gioco è alta. I sistemi complessi nel loro insieme racchiudono la maggior parte delle principali sfide che l'umanità ha davanti a sé», dice a «la Lettura». Parliamo di società, finanza, ambiente, medicina. E dunque della possibilità di eseguire calcoli sulla prossima crisi finanziaria, la prossima pandemia, il punto di non ritorno dei cambiamenti climatici.



Il primo passo per capire come funzionano i sistemi complessi è comprenderne l'architettura, ci spiega quello che la stampa internazionale ha ribattezzato il «guru delle reti». «È come se dovessemmo assegnare delle funzioni alla Cappella Sistina. Non è possibile provare senza sapere quanti ingressi ha, la sua capienza, il flusso d'aria che l'attraversa, il progetto da cui è nata». Per questo la scienza dei sistemi complessi coincide in gran parte con la scienza delle reti. Tanti pallini per le componenti di base, tante lineette per le loro relazioni. Rappresentandoli graficamente così, si scopre che molti sistemi complessi, da Internet alla Silicon Valley al metabolismo cellulare, hanno un'impronta comune.

Possibile che dietro alla complessità che ci disorienta tanto si nascondano poche e potenti leggi di natura? Gli scettici ovviamente non mancano. Negli anni Novanta, in uno dei libri scientifici più iconoclasti di sempre (*La fine della scienza*, Adelphi), John Horgan ironizza: «Ma è possibile che gli scienziati arrivino a una teoria unitaria della complessità, se non riescono neanche a mettersi d'accordo su cosa sia esattamente la complessità?». Il paradosso è che persino circoscrivere la complessità sembra un'operazione complessa.

Barabási di fronte a questa obiezione alza le spalle, riproponendo la celebre frase pronunciata da un giudice americano per definire la pornografia: «Quando la vediamo, la riconosciamo». Di sicuro la scienza dei sistemi complessi è molto cambiata negli ultimi anni, grazie all'esplosione di Internet. Proprio un lavoro ispirato dalla mappa del web, pubblicato nel 1999 da Barabási e Réka Albert su «Science», ha innescato un ripensamento generale: le reti non sono statiche e neppure connesse in modo casuale, come si era a lungo creduto. In origine il web aveva un solo nodo, la famosa prima pagina di



#### L'evento

L'undicesima edizione dell'«European Conference on Complex System» si tiene a Lucca dal 22 al 26 settembre.

Organizzata dall'Istituto Altro studi Imt di Lucca si articola in seminari e conferenze. Il 23 al Complesso di San Francesco (ore 20.45), talk show

scientifico con Gianni Riotta e Monica Maggioni che intervistano alcuni degli ospiti: l'appuntamento è aperto a tutti

#### Bibliografia

Albert-László Barabási ha pubblicato da Einaudi due libri

destinati ai non addetti ai lavori: *Lampi. La trama nascosta che guida la nostra vita* (2011) e *Link. La scienza delle reti* (2004). Guido Caldarelli ha

firmato alcuni volumi più

tecnici per la Princeton University Press (*Networks: A Very Short Introduction*) e la Oxford University Press (*Scale-Free Networks: Complex Webs in Nature and Technology*). Un

testo divulgativo sulla teoria della complessità è *Formicai, imperi, cervelli* di Alberto Gandolfi (Bollati Boringhieri, 2008).

Tim Berners-Lee, ricorda il ricercatore nel suo libro più fortunato, *Link. La scienza delle reti* (Einaudi). Poi, man mano che fisici e informatici hanno iniziato a creare le proprie pagine, il primo sito ha guadagnato link e la Rete da allora ha continuato a crescere seguendo un principio: i vertici più connessi sono quelli che accumulano più connessioni. Quando decidiamo quali pagine linkare, la scelta spesso cade su quelle che sono già molto linkate.



Lo stesso accade nelle altre reti definite «invarianza di scala», in cui pochi fulcri altamente connessi tengono tutto il resto insieme. Pensate all'industria cinematografica: gli attori di Hollywood che ricevono più proposte di lavoro sono quelli che hanno già molti contatti e hanno già girato molti film. Il gergo tecnico è freddo (si parla di «connessione preferenziale»), ma ne abbiamo avuto tutta esperienza diretta. Ad arricchirsi di più è chi è già ricco o, se preferite, piove sempre sul bagnato. Un tempo veniva chiamato «effetto San Matteo», per il versetto del Vangelo che recita: «A chiunque ha sarà dato».

Nel frattempo altri ricercatori hanno messo in luce dinamiche aggiuntive, come l'invecchiamento dei nodi. La teoria delle reti insomma non è un Graal da rincorrere: è già un frutto maturo, per Barabási. Gli chiediamo se sia davvero così importante e potente da meritare un posto accanto alla meccanica quantistica, alla relatività, all'evoluzione darwiniana. Questione insidiosa, ma il fisico non tradisce imbarazzi: «Il termine rete — replica — è già più utilizzato di quanto o evoluzione».

Guido Caldarelli è più cauto. Il fisico dell'Istituto Altro studi Imt di Lucca, che farà da chairman alla Conferenza europea, ricorda che per arrivare a formulare una nuova teoria sono necessari diversi passaggi. Si osserva un fenomeno, si procede alla sua misurazione, si scoprono le regolarità che presenta e se ne trova la spiegazione. È così che dalla mela caduta si arriva alla legge della gravità. «Nella scienza dei sistemi complessi — dice a «la Lettura» — siamo alla fase in cui abbiamo identificato delle regolarità e sono state avanzate idee sul perché si manifestino. Ma siamo lontani dalle verifiche sperimentali e in qualche caso sappiamo che la teoria non funziona». Se una proteina ha molti collegamenti all'interno di una rete molecolare, ad esempio, è ragionevole pensare che sia per ragioni di tipo chimico-fisico piuttosto che per la connessione preferenziale.

Caldarelli studia le istituzioni finanziarie, che formano una rete di reti (*multiplex*). «Lo stress finanziario — ci spiega — può propagarsi da un livello all'altro. Quando uno scoppio sembra provenire dal nulla, arriva da un collegamento che non conosciamo. Questo non significa che riusciremo a prevedere con precisione le prossime crisi, ma almeno cercheremo di identificare le criticità e di capire come rendere più robusti i sistemi». La rivo-

Adela Andea luzione di Big Data (1976), sta regalando agli Mandragora: studiosi delle reti *liquefacent light* un'opportunità storica. «In tutto il mondo (2013, installazione cinetica luminosa) viene annotata ogni transazione econo- mica, Google registra le nostre ricerche, siamo in tantissimi ad avere uno smartphone in tasca, il Gps traccia i nostri movimenti», si entusiasma Caldarelli. Insomma produciamo tutti miriadi di informazioni, che possono essere studiate da fisici, matematici, sociologi, psicologi ed economisti, estendendo agli uomini e alle società umane l'indagine scientifica che per secoli era rimasta confinata alle scienze naturali.

Forse tempi e modi con cui mandiamo email, abbiamo rapporti sessuali, ci esponiamo ai viri non sono così casuali come potrebbe apparire. Si è notato, ad esempio, che in molti casi sembra non accadere nulla per molto tempo e poi succede tutto in una volta. Il fatto che il comportamento umano non sia, almeno in linea teorica, imprevedibile un po' conforta e un po' inquieta. «Come approccio assomiglia alla psicostoria dei libri del Ciclo delle Fondazioni», scherza il fisico italiano. Qui Isaac Asimov immaginava una disciplina che è «la quintessenza della sociologia», «la scienza del comportamento umano ridotto ad equazioni matematiche». Ma queste sono più che altro suggestioni. Caldarelli sceglie un esempio rassicurante: prevedere che tutti i tifosi di una curva si alzeranno quando la scommessa farà gol non ci rende degli automi. Conoscere qualcosa in più di noi stessi — sostiene il fisico italiano — ci renderà più liberi, non meno. Nessuno dovrebbe essere contento di sapere più cose sugli elettroni e sui pianeti che sull'uomo», afferma anche Barabási nel suo libro più recente (*Lampi. La trama nascosta che guida la nostra vita*, Einaudi). «Dimenticate il lancio dei dadi o le scatole di cioccolatini come metafore della vita. Pensatevi come un robot sognante guidato dal pilota automatico e sarete molto più vicini alla verità».

✉ @annameldolesi



#### Il fisico

Guido Caldarelli presiederà l'evento europeo in Toscana: «Siamo ancora lontani dalle verifiche sperimentali delle nostre intuizioni»

● ● ●

**Oltre Darwin**  
«Queste categorie già adesso sono più utilizzate di termini come evoluzione o meccanica quantistica. La posta in gioco è alta»

**Il fisico**  
Guido Caldarelli presiederà l'evento europeo in Toscana: «Siamo ancora lontani dalle verifiche sperimentali delle nostre intuizioni»