

## Capitolo primo

### Irragionevole efficacia

Il miracolo dell'appropriatezza del linguaggio della matematica nella formulazione delle leggi della fisica è un dono meraviglioso che non comprendiamo né meritiamo. Dovremmo esserne grati e sperare che rimanga valido nella ricerca futura e che si estenda, nel bene o nel male, per la nostra gioia e, forse, per il nostro sconcerto, alle più ampie branche del sapere.

EUGENE WIGNER, *L'irragionevole efficacia della matematica nelle scienze naturali*<sup>1</sup>.

A cosa serve la matematica?

Che cosa fa per *noi*, nella vita di tutti i giorni?

Fino a poco tempo fa, a queste domande si poteva rispondere in modo facile. Nella vita di tutti i giorni si usava in continuazione l'aritmetica elementare, non foss'altro che per controllare il conto quando si faceva la spesa. Ai carpentieri servivano le basi della geometria, mentre topografi e navigatori avevano bisogno anche della trigonometria. Agli ingegneri era necessaria una dimestichezza con il calcolo infinitesimale.

Oggi è tutto diverso. La cassa del supermercato fa tutti i conti, applica eventuali offerte, calcola l'Iva. Ascoltiamo i *bip* dello scanner che legge i codici a barre e, purché ci sia un *bip* per ogni prodotto, assumiamo che i congegni elettronici sappiano quello che fanno. Molte professioni si basano ancora su una buona preparazione matematica, ma persino lì abbiamo esternalizzato la maggior parte della matematica a dispositivi elettronici con algoritmi incorporati.

La disciplina di cui mi occupo spicca per la sua assenza. L'elefante non è nemmeno nella stanza.

È facile balzare alla conclusione che la matematica sia diventata obsoleta e superata, ma sarebbe un errore. Senza la matematica il

<sup>1</sup> EUGENE P. WIGNER, *L'irragionevole efficacia della matematica nelle scienze naturali*, trad. di Mauro Sellitto, Adelphi, Milano 2017, p. 39 (ed. or. *The Unreasonable Effectiveness of Mathematics in the Natural Sciences*, in «Communications in Pure and Applied Mathematics», XIII [febbraio 1960], n. 1, <https://www.maths.ed.ac.uk/~v1ranick/papers/wigner.pdf>).

mondo di oggi andrebbe in pezzi. Ve ne darò la prova mostrandovi applicazioni della matematica alla politica, al diritto, ai trapianti di reni, agli orari delle consegne dei supermercati, alla sicurezza su internet, agli effetti speciali cinematografici e alla fabbricazione delle molle. Vedremo come la matematica svolge un ruolo essenziale negli apparecchi diagnostici, nella fotografia digitale, nella trasmissione di dati via fibra ottica e nella navigazione satellitare; come ci aiuta a prevedere gli effetti dei cambiamenti climatici; come può proteggerci dai terroristi e dagli hacker su internet.

Un aspetto sorprendente è che molte di queste applicazioni si basano su concetti matematici che sono nati per ragioni completamente diverse, spesso solo perché qualche matematico teneva a seguire il proprio intuito. Nel corso delle ricerche per questo libro sono rimasto più volte sorpreso imbattendomi in usi della mia disciplina che non mi sarei nemmeno sognato. Spesso si basano su argomenti di cui non mi sarei aspettato che esistessero applicazioni pratiche, come le curve che riempiono lo spazio, i quaternioni e la topologia.

La matematica è un sistema di idee e metodi sconfinato ed enormemente creativo. Si trova appena sotto la superficie delle tecnologie che hanno trasformato il nostro secolo rendendolo del tutto diverso da qualsiasi epoca precedente: videogiochi, collegamenti aerei internazionali, comunicazioni satellitari, computer, internet, telefoni cellulari<sup>2</sup>. Se grattate un iPhone troverete il bagliore luminoso della matematica.

Per favore, non prendetemi alla lettera.

Si tende a dare per scontato che i computer, con le loro capacità quasi miracolose, stiano rendendo obsoleti i matematici, e anzi

<sup>2</sup> Nel 2012 la società di contabilità Deloitte svolse un'indagine: *Measuring the Economic Benefits of Mathematical Science Research in the UK*. A quel tempo, 2,8 milioni di persone erano impiegate in occupazioni legate alle scienze matematiche: matematica pura e applicata, statistica e informatica. Quell'anno le scienze matematiche contribuirono con 208 miliardi di sterline (valore aggiunto lordo) all'economia del Regno Unito, poco meno di 250 miliardi di sterline del 2020, quasi 300 miliardi di euro. Quei 2,8 milioni di persone costituivano il 10 per cento della forza lavoro britannica e contribuivano con il 16 per cento dell'economia. I settori più ampi erano quello bancario, ricerca e sviluppo industriale, servizi informatici, aerospaziale, farmaceutico, architettura e edilizia. Tra gli esempi presentati nel rapporto ci sono gli smartphone, le previsioni meteorologiche, l'assistenza sanitaria, gli effetti speciali cinematografici, il miglioramento delle prestazioni atletiche, la sicurezza nazionale, la gestione delle epidemie, la sicurezza dei dati su internet e processi di produzione più efficienti.

la matematica stessa. Ma i computer non sostituiscono i matematici piú di quanto il microscopio sostituisca i biologi. I computer cambiano il modo in cui *facciamo* matematica, ma soprattutto ci liberano dalle parti noiose. Ci permettono di avere piú tempo da dedicare alla riflessione, ci aiutano a trovare regolarità e ci forniscono una nuova arma potente per far avanzare questa disciplina in modo piú rapido ed efficace.

In effetti, uno dei motivi principali per cui la matematica sta diventando sempre piú essenziale è proprio l'ubiquità di computer potenti ed economici. La loro diffusione ha offerto nuove possibilità per applicare la matematica ai problemi del mondo reale. Metodi che prima erano impraticabili, perché richiedevano troppi calcoli, ormai sono diventati routine. I piú grandi matematici dell'era di carta-e-penna si sarebbero arresi disperati di fronte a un metodo che avesse richiesto un miliardo di calcoli. Oggi metodi simili si usano abitualmente, perché disponiamo di una tecnologia che può svolgere tutti i calcoli in una frazione di secondo.

I matematici sono stati a lungo in prima linea nella rivoluzione informatica, insieme a innumerevoli altre professioni, mi affretto ad aggiungere. Pensiamo a George Boole, il pioniere della logica simbolica che costituisce la base dell'attuale funzionamento dei computer. Pensiamo ad Alan Turing e alla sua macchina di Turing universale, un'astrazione matematica in grado di calcolare qualsiasi cosa sia calcolabile. Si pensi a Muḥammad al-Khuwārizmī, il cui testo di algebra dell'820 d.C. metteva in evidenza il ruolo delle procedure computazionali sistematiche, che ora prendono il suo nome: *algoritmi*.

La maggior parte degli algoritmi che conferiscono ai computer le loro straordinarie capacità ha solidi fondamenti matematici. Molte tecniche in questione sono state prese, già pronte e funzionanti, dal repertorio delle idee matematiche, come per esempio l'algoritmo PageRank di Google, che quantifica l'importanza di un sito web ed è alla base di un settore multimiliardario. Persino il piú elegante algoritmo di deep learning nell'intelligenza artificiale fa uso di concetti matematici classici e collaudati come le matrici e i grafi pesati. Un compito banale come la ricerca di una certa stringa di lettere all'interno di un documento coinvolge, almeno in uno dei modi comuni per farlo, un concetto matematico chiamato «automa a stati finiti».