Introduzione
Gli argomenti a favore dell'intelligenza matematica

MIT, anni Cinquanta.
La prima ondata di Intelligenza Artificiale è all'orizzonte.
Marvin Minsky, una delle figure di spicco del settore, proclama:
«Riusciremo a rendere intelligenti le macchine. Le renderemo coscienti».
Douglas Engelbart, una figura altrettanto importante, ribatte:
«Lo farete per le macchine? Che cosa farete per le persone?»[1].

I ricercatori di Intelligenza Artificiale (IA) sono quanto mai ottimisti riguardo alle prospettive delle proprie creazioni. Il settore prese il via sul serio nel 1956 durante un seminario estivo che si tenne al Dartmouth College, nel New Hampshire, dove i padri fondatori dell'IA illustrarono la propria visione in termini molto chiari. Erano convinti che le macchine intelligenti avrebbero spinto l'umanità in una nuova età d'oro dell'innovazione «simulando ogni aspetto dell'apprendimento e di qualsiasi altra caratteristica dell'intelligenza»[2]. La stima del tempo necessario per l'impresa era ancora piú audace: per completare il grosso del lavoro sarebbe bastata un'estate.

Le cose si rivelarono molto piú complicate: un'estate di grandi proclami lasciò il posto a una serie di inverni dell'IA e i progressi ristagnarono per diversi decenni. Se però avete letto di recente i titoli dei giornali, sapete che oggi l'IA è di nuovo oggetto di clamore. Tra la crescente presenza di assistenti domestici, i trionfi in giochi famosi che sono il suo fiore all'occhiello e l'arrivo di veicoli a guida autonoma, le macchine hanno ripreso la loro ascesa.

La nostra specie si è distinta dalle altre inventando strumenti che ci aiutano a risolvere i problemi piú impegnativi. Ciò nonostante, potremmo essere complici della nostra fine poiché alcuni di questi strumenti sono diventati tanto potenti che sembrano rappresentare vere e proprie minacce ai nostri modi di pensare e di essere. Abbondano gli studi sulla crescente minaccia al lavoro umano[3], mentre le cosiddette macchine superintelligenti di domani potrebbero obbligarci a riesaminare che cosa significa essere umani.

Mentre entriamo in questo nuovo ciclo di crescenti aspettative, speranze e preoccupazioni riguardo all'ultima ondata di innovazione tecnologica, la domanda di Engelbart dovrebbe risonare forte e chiara. Nutriamo una tale venerazione per la tecnologia che rischiamo di perdere di vista le capacità umane. Le macchine sono prive di alcune qualità fondamentali del pensiero umano – qualità che sono state messe da parte dalle nostre modalità meccanicistiche di apprendimento e di lavoro e che abbiamo disperatamente bisogno di risvegliare per prosperare accanto alle nostre controparti di silicio.

Si dà il caso che gli esseri umani, nel corso di milioni di anni di evoluzione e di migliaia di anni di continuo perfezionamento, abbiano sviluppato un potente sistema per decifrare il mondo, immaginarne di nuovi e concepire e risolvere problemi complessi. Questo sistema ci ha aiutati a creare le economie alla base della società e ha modellato le idee di democrazia. Ha prodotto tecnologie che oggi ci intimidiscono, ma questo stesso sistema può dotarci delle capacità necessarie per domare queste bestie digitali.

Il sistema ha un nome: *matematica*.

Che cos'è in realtà la matematica?

La matematica è stata descritta come un'arte, un linguaggio e una scienza. Per alcuni, è un mezzo per scoprire i segreti della natura. Come affermò in modo eloquente Galileo: «[L'universo] non si può intendere se prima non s'impara a intender la lingua, e conoscer i caratteri, ne' quali è scritto. Egli è scritto in lingua matematica»[4] – matematica come linguaggio dell'universo, come motore del progresso scientifico.

La portata della matematica va al di là dell'universo fisico. Interi settori della matematica vengono esplorati senza secondi fini, guidati dalla profonda soddisfazione che deriva da immaginare nuovi concetti, collegare idee e cercare di risolvere problemi spinosi. Nell'esercizio della propria professione molti matematici ricercano qualità estetiche. Il matematico e filosofo del Novecento Bertrand Russell parlò della «suprema bellezza della materia – una bellezza fredda e austera [...] capace della rigorosa perfezione che è propria solo della piú grande arte»[5]. Molti si considerano artisti oltre che scienziati – «creatori di forme», come scrisse G. H. Hardy, un contemporaneo di Russell[6]. Non è raro che un matematico derida la necessità di applicare il suo pensiero al mondo «reale», come se l'utilità fosse una specie di distrazione. È stata persino suggerita l'ipotesi che alcuni aspetti dell'indagine matematica abbiano una base edonistica[7].

Per questi vari motivi, la matematica viene spesso suddivisa in due presunti tipi: da una parte c'è la matematica *applicata*, che si occupa di problemi del mondo reale, come suggerisce il nome, e dall'altra c'è il filone etichettato come matematica *pura*, incentrata su concetti piú astratti e argomentazioni rigorose spesso avulse da considerazioni pratiche. Questa separazione è profondamente sentita nell'ambiente universitario, dove gli studenti di matematica sono tenuti a dichiarare la propria fedeltà all'uno o all'altro settore prima di specializzarsi. La mia scelta andò alla matematica *pura*. Tuttavia, dopo aver abbandonato la matematica formale un decennio fa, gran parte del mio lavoro ha riguardato insiemi di dati e algoritmi – quasi il massimo della matematica *applicata*.

Avendo superato la divisione pura/applicata, mi sono reso conto che si tratta di un modo arbitrario e limitante di caratterizzare la materia. I matematici di ogni tipo hanno qualcosa in comune: affrontare problemi matematici è per tutti noi, senza eccezioni, una fonte di immenso piacere, una soddisfazione simile a quella che si prova risolvendo il proprio rompicapo preferito. Si presume addirittura che la matematica produca le stesse reazioni fisiologiche dell'attività sessuale (sí, veramente)[8]. Insieme a quel piacere arriva il potere; quale che sia la branca della matematica che sta indagando, un matematico usa le facoltà superiori della mente e crea una provvista di modelli mentali portabili utili in ogni settore della vita.

Può sembrare rischioso investire tempo e fatica nello studio della matematica sulla base di vaghi concetti di piacere e potere, ma la matematica non può fare a meno di offrire anche utilizzi pratici. Non è affatto insolito che un campo della matematica nato come pura indagine intellettuale in seguito venga utilizzato in contesti pratici. I numeri primi (numeri interi maggiori di 1 che non possono essere scomposti nel prodotto di numeri interi piú piccoli) furono studiati inizialmente per le loro proprietà aritmetiche, eppure ora la sicurezza di Internet dipende da loro – i dettagli della vostra carta di credito sono tenuti al sicuro dall'enorme difficoltà di trovare i fattori primi di numeri molto grandi. Gli antichi Greci erano affascinati dalle proprietà geometriche delle ellissi; soltanto secoli piú tardi Keplero scoprí che i pianeti girano intorno al Sole seguendo orbite ellittiche. La topologia dei nodi, che è piacevole da studiare in sé, ha applicazioni nel problema del ripiegamento delle proteine. Il calcolo infinitesimale (lo studio del cambiamento continuo), presumibilmente l'argomento matematico piú applicato (che fu la base dello studio di Newton del moto dei pianeti, e i cui strumenti sono indispensabili per gli ingegneri, i fisici, gli analisti finanziari e persino gli storici[9]), fu sviluppato nel contesto rigoroso della matematica pura. Potrei andare avanti.

Il fisico teorico Eugene Wigner sintetizzò questo intreccio di curiosità intellettuale e utilità sottolineando ciò che definí l'«irragionevole efficacia» della matematica e dichiarando che «l'enorme utilità della matematica nelle scienze naturali è qualcosa che rasenta il mistero e di cui non esiste una spiegazione razionale»[10].

L'«utilità» della matematica non è limitata a specifiche applicazioni al mondo reale ed emerge principalmente dal suo invito a esplorare una gran varietà di concetti, anche arcani. La matematica ci porta in molti mondi, ciascuno governato dalle proprie regole. Ci incoraggia a liberarci dalle convenzioni e a saltare da un sistema concettuale a un altro. Questi mondi lontani possono anche insegnarci a pensare in modi che arricchiscono la nostra comprensione del mondo fisico. Anche se quasi non ricordo piú il contenuto della mia tesi di dottorato in matematica pura (tanto che riesco a stento a comprenderne le idee essenziali)[11], il processo che ha portato alla sua creazione continua a essere il suo contributo piú durevole alla mia quotidiana attività di pensiero e di risoluzione dei problemi.

L'intelligenza matematica non ha a che fare con il calcolo infinitesimale o la topologia piú di quanto l'intelligenza musicale sia legata a un particolare genere o strumento. È un sistema che ci rende migliori come pensatori e risolutori di problemi, grazie all'uso dei collaudati strumenti dei matematici – e questo, nell'era delle macchine intelligenti, è piú che mai necessario.

Matematica e calcoli: un'associazione sbagliata.

La matematica che ho appena descritto è molto lontana da quella che incontriamo a scuola. La «matematica scolastica» dà molta importanza ai calcoli. Un calcolo è un'operazione di routine eseguita su certi oggetti, spesso numeri, che produce un particolare risultato. Può essere semplice come un conteggio o complicata come gli algoritmi di ranking delle ricerche di Google (qui *algoritmo* significa semplicemente un elenco di istruzioni dettagliate)[*]. La matematica scolastica si basa sull'idea che esercitarsi ad applicare una lunga serie di tecniche di calcolo sia un requisito fondamentale dell'intelligenza matematica e una porta d'accesso al mondo del lavoro. Argomenti come il calcolo infinitesimale, l'algebra e la geometria, che contengono una moltitudine di concetti profondi, sono ridotti in forma di calcoli.

L'unione tra matematica e calcoli è il risultato di varie forze. La prima è un paradigma industriale di istruzione formale le cui radici si possono far risalire alla metà dell'Ottocento, quando gli obiettivi della scolarizzazione di massa si fusero con le idee di meccanizzazione e scala, e la crescita delle popolazioni urbane fece salire la richiesta di competenze matematiche ordinarie, come saper contare il denaro e calcolare i tempi. Quando in tutto il mondo emersero sistemi di istruzione universale, gli argomenti trattati riflettevano le necessità di una forza lavoro con competenze matematiche. In Inghilterra, per esempio, l'aritmetica dominava i programmi di studio e altre materie – come l'algebra, la meccanica e le frazioni – furono introdotte avendo in mente obiettivi occupazionali[12].

Da allora la società ha fatto passi avanti giganteschi e tuttavia la matematica scolastica è rimasta per lo piú invariata; gli

[*] *Computazione* e *calcolo* hanno significati leggermente diversi. La prima tende a riferirsi a processi algoritmici e il secondo a processi aritmetici. Userò indistintamente i due termini perché hanno entrambi a che fare con gli stessi generi di processi mentali ordinari.

standard curriculari nazionali e internazionali restano fortemente incentrati sulla velocità e sulla capacità di calcolo. L'ostinata persistenza del calcolo nell'istruzione è dovuta anche a credenze ampiamente diffuse sulla natura della matematica. Secondo il *platonismo* – la corrente filosofica risalente a Platone – gli oggetti matematici sono entità astratte indipendenti dal linguaggio, dal pensiero e dalle pratiche. Proprio come gli elettroni e i pianeti, concetti matematici come i numeri sono indipendenti da noi. In questa concezione, esiste un'unica forma di matematica, atemporale e immutabile. A fianco del platonismo vi è la visione *formalistica*, che prese piede nel Novecento e considera la matematica come un sistema autonomo di verità logiche, ognuna derivabile da principî primi. Il platonismo e la concezione formalistica, particolarmente popolari tra i matematici «puri», concorrono a ridurre la matematica a un unico percorso di verità predeterminate e codificate. L'astrazione è il *gold standard*, in questa concezione della matematica, la sua ragion d'essere, a cui si arriva nel modo migliore padroneggiando la manipolazione dei simboli. L'esecuzione di procedure matematiche – calcoli veloci e precisi – è vista come l'unica via per raggiungere il pensiero matematico profondo.

La visione platonica-formalistica si lascia sfuggire il fatto cruciale che la matematica assume forme ricche e varie[13], tutte nate nel contesto di ambienti ed esperienze locali[14]. Consideriamo qualcosa di apparentemente universale come il nostro sistema numerico: emerge da una serie di scelte, dai simboli che usiamo per denotare le grandezze a come raggruppiamo gli oggetti per gestire grandi quantità e a come eseguiamo le operazioni aritmetiche sui numeri. Nelle scuole di tutto il mondo, agli studenti si insegnano le cifre indo-arabiche (0, 1, 2, …), il sistema decimale (che raggruppa i numeri in decine) e algoritmi specifici per eseguire le somme, le sottrazioni, le moltiplicazioni e le divisioni. Gli studenti sono indotti a credere che queste scelte siano inevitabili – l'unico modo concepibile di pensare ai numeri –, quando in realtà si collocano in un dato contesto storico e socioculturale. Come vedremo nei capitoli successivi, in tutto il mondo si adottano ancora oggi varie rappresentazioni dei numeri. Nel mondo reale la matematica è piú situazionale e contestuale di quanto suggeriscano il platonismo e il formalismo.