

Intelligenza artificiale e matematica: i successi visibili, i fallimenti nascosti e la collaborazione necessaria

«Nulla fallisce quanto il successo, perché dal successo non impariamo. Impariamo soltanto dagli insuccessi.»
— Kenneth E. Boulding, *The Diminishing Returns of Science*

«Ho ottenuto molti risultati! Conosco diverse migliaia di cose che non funzionano.»
— Thomas A. Edison

Nei miei precedenti interventi mi sono soffermato soprattutto sulle conseguenze dell'intelligenza artificiale per la comunità dei matematici: il modo di lavorare, le prospettive individuali, le reazioni a una trasformazione rapidissima e, più in generale, il rapporto fra ricercatori e nuovi strumenti. Questa volta vorrei spostare l'attenzione su un tema a mio giudizio molto più importante: l'effetto che i modelli di intelligenza artificiale stanno avendo, e avranno sempre di più, sull'avanzamento della conoscenza matematica. Mi interessa meno come la comunità reagisca al cambiamento e molto di più che cosa il cambiamento renda effettivamente possibile sul piano scientifico.

Voglio partire con una premessa netta. Mi interessano poco i pianti notturni, i piagnistei, le lamentazioni, le paure, le dichiarazioni isteriche o allarmistiche, i progetti di ricerca dati per «asfaltati» da un'intelligenza artificiale che ne avrebbe anticipato i risultati, e le ondate di panico di chi teme che la matematica stessa venga distrutta. Trovo queste reazioni un po' infantili e le seguo con un certo distacco. Non vedo come la dimostrazione di un teorema, chiunque o qualunque cosa la produca, possa costituire di per sé un danno per la matematica. Se un problema viene risolto, aumenta il nostro patrimonio di conoscenze e, come è sempre avvenuto, si aprono altre domande.

Non intendo tuttavia negare che esistano problemi seri per la comunità. Ce n'è soprattutto uno che mi preoccupa davvero: la selezione e il reclutamento dei giovani matematici negli anni a venire. Se cambiano radicalmente le condizioni in cui si svolge la ricerca, bisognerà anche ripensare come attirare nuove generazioni, come formarle e quali esperienze di ricerca e di carriera offrire loro. Questo è un problema concreto, non una reazione emotiva. Ma oggi desidero concentrarmi sull'avanzamento della matematica e su responsabilità che mi sembrano rimaste sorprendentemente ai margini del dibattito.

L'occasione più recente per tornare su queste questioni è stata la pubblicazione, il 6 ottobre 2026, di una grande raccolta di lavori matematici generati da un modello interno di OpenAI. Si è spesso parlato, in termini approssimativi, di «quattrocento problemi risolti». Più precisamente, il repository comprendeva inizialmente 722 manoscritti, ridotti a 719 dopo il ritiro di tre lavori, organizzati in 372 famiglie di risultati e riconducibili a una valutazione su circa 4.000 problemi. Le distinzioni contano: manoscritti, famiglie di risultati e problemi effettivamente risolti non sono necessariamente la stessa cosa. Né la pubblicazione di una dimostrazione annunciata equivale automaticamente alla sua definitiva accettazione matematica.

I materiali includono formalizzazioni in Lean, ma non per tutti i risultati: secondo i dati del repository, circa il 42 per cento dei risultati principali disponeva di una formalizzazione. Altri manoscritti richiedono un esame matematico tradizionale, tanto più necessario quando l'esposizione è di lettura difficile. Non basta che una macchina produca un testo che assomiglia a una dimostrazione: occorre accertarne la

correttezza, capirne la struttura, riconoscere le idee effettivamente nuove e renderle accessibili a chi lavora nel settore.

Mi torna in mente, con una certa nostalgia, l'ultimo teorema di Fermat. Credo che molti di noi matematici, se non tutti, da ragazzi, abbiano provato almeno una volta a "dimostrarlo": l'enunciato si capiva in pochi secondi, la fama del problema faceva il resto, e sembrava quasi impossibile resistere alla tentazione. Quando Andrew Wiles annunciò la soluzione, nel 1993, fu una notizia straordinaria. Ricordo però anche un sentimento diverso dall'entusiasmo: la curiosità di leggere finalmente quella dimostrazione e la scoperta, un po' deludente, che per comprenderla occorrevano anni di studio di teorie lontanissime dall'apparente semplicità dell'enunciato. Dopo la scoperta di una lacuna nella prima dimostrazione e il successivo completamento della prova, il risultato pubblicato nel 1995 era un risultato eccezionale, ma non qualcosa che il matematico medio potesse semplicemente aprire e leggere dall'inizio alla fine (un esperto mi disse che avevo bisogno di almeno cinque anni per studiare gli strumenti necessari e poi capire la dimostrazione). C'è però un altro aspetto della storia che oggi mi interessa ancora di più: per tre secoli, cercando senza successo una dimostrazione, si era prodotta moltissima ottima matematica. Basti pensare a Sophie Germain, ai tentativi di fattorizzazione di Lamé e soprattutto a Kummer: l'ostacolo incontrato nel trattare certi anelli di interi algebrici contribuì alla nascita della teoria dei numeri ideali, una delle radici della moderna algebra commutativa. Il teorema rimaneva indimostrato, ma la matematica avanzava proprio grazie ai tentativi che non riuscivano a chiuderlo. Perfino nella vicenda di Wiles, la difficoltà scoperta dopo l'annuncio del 1993 impose un nuovo lavoro e un cambiamento nella strategia. L'analogia con la situazione odierna è imperfetta: quella di Wiles era una costruzione umana maturata nel tempo, mentre ora siamo di fronte a una produzione massiccia di testi da parte di un modello di AI. Eppure ne ricavo due lezioni: sapere che un problema è stato risolto non significa ancora averne compreso la dimostrazione; e sapere soltanto quali tentativi sono riusciti può farci perdere una parte della matematica nata da quelli falliti.

Non si tratta di precauzioni astratte. Il 7 ottobre sono stati ritirati tre manoscritti collegati a risultati su classi di Hodge e corrispondenze di Kuga-Satake, dopo che un errore di segno in uno degli argomenti aveva invalidato una costruzione usata anche dagli altri due. È un esempio particolarmente eloquente: risultati anche molto ambiziosi possono dipendere da un passaggio apparentemente elementare che non è stato controllato adeguatamente. Per precisione, non fu ritirato l'intero risultato annunciato sulla congettura di Hodge per le varietà abeliane di tipo CM, bensì tre lavori collegati. La cautela è dunque obbligatoria sia nell'entusiasmo, sia nella critica.

Una volta accertata l'eventuale correttezza, resterà poi il problema della «digestione» dei lavori, sul quale ha insistito Terence Tao: trasformare una massa di argomenti tecnici in conoscenza matematica umanamente comprensibile, verificabile, utilizzabile e capace di suggerire nuove idee. Nessuna pubblicazione, e neppure un controllo formalmente rigoroso, rende superfluo questo lavoro.

Per interrogarsi sul significato di questa operazione occorre però riconoscere un fatto elementare: OpenAI è una società privata, dotata di interessi commerciali, procedure interne, segreti industriali e ragioni per proteggere le proprie tecnologie. Non c'è nulla di sorprendente nel fatto che non riveli tutta la propria organizzazione o la strategia di sviluppo dei modelli. È altrettanto evidente, però, che una pubblicazione così spettacolare abbia anche un'importante funzione promozionale: mostrare le capacità dei sistemi più avanzati è un modo molto efficace di valorizzarli. Vorrei precisare fin d'ora che OpenAI, in questo intervento, è soprattutto un esempio concreto: le domande che pongo non riguardano soltanto questa azienda, ma qualunque società commerciale che oggi, o in futuro, impieghi sistemi di intelligenza artificiale per produrre risultati matematici, decidendo autonomamente che cosa studiare, che cosa pubblicare e che cosa conservare al proprio interno.

Mi viene spontaneo richiamare di nuovo l'operazione di IBM con Deep Blue, quando il computer sconfisse Garry Kasparov, quasi trent'anni fa. Anche lì il successo aveva un evidente valore scientifico e tecnologico, ma era inseparabile dall'impatto commerciale e simbolico dell'evento. Kasparov sollevò dubbi sulle mosse che gli sembravano anomale per una macchina e chiese di poter esaminare informazioni più dettagliate sul suo funzionamento. IBM non rese disponibile tutto ciò che chiedeva, e Deep Blue venne successivamente smantellato. Non credo che i modelli odierni avranno la stessa sorte, ma il parallelo resta istruttivo: si annuncia un risultato clamoroso, mentre parte delle condizioni tecniche e organizzative che lo hanno prodotto resta fuori dalla portata del pubblico.

L'opacità, almeno per chi osserva dall'esterno, ha generato anche un curioso sottobosco di indiscrezioni: informazioni a volte plausibili, a volte attribuite a fonti indefinite, circolano senza che sia chiaro quanto siano ufficiali o attendibili. La situazione fa pensare, scherzando, alla celebre battuta «... *correvano voci incontrollate e pazzesche. Si diceva che l'Italia stava vincendo per venti a zero e che aveva segnato anche Zoff di testa, su calcio d'angolo*» ne "Il secondo tragico Fantozzi": una voce rimbalza e diventa racconto, senza che se ne possa ricostruire facilmente l'origine. Non è un buon modo di discutere di un cambiamento scientifico di questa portata.

C'è una prima domanda che mi sembra fondamentale: chi ha scelto i circa 4.000 problemi sottoposti al modello? Sono stati scelti da un gruppo di matematici di alto livello? Da ricercatori interni? Da esperti esterni? Oppure è stato chiesto a un sistema di intelligenza artificiale di costruire esso stesso un elenco di problemi importanti, per poi iniziare ad affrontarli? La risposta cambierebbe molto la nostra interpretazione dell'operazione.

Se dietro la selezione c'è un gruppo consistente di matematici specialisti che lavora per/con OpenAI, sarebbe importante conoscerne l'identità, i criteri di scelta, le aree rappresentate e il grado di coinvolgimento. Mi pare difficile immaginare una lista di migliaia di questioni veramente rilevanti, distribuite nei diversi settori della matematica, senza un contributo sostanziale di competenze altamente specializzate. Nel mio settore conosco matematici di primissimo livello, persino medaglie Fields, della cui parola mi fido e che non risultano essere stati consultati, pur essendo massimi esperti proprio di alcuni problemi che figurano tra quelli annunciati come risolti. Da qui nasce una domanda legittima su chi abbia materialmente organizzato la selezione.

Non mi interessa conoscere questi nomi per individuare colpevoli. Al contrario, considero positivamente la possibilità che matematici e sistemi di intelligenza artificiale collaborino a produrre nuova conoscenza, punto su cui ritornerò più avanti. Posso immaginare, ma è solo un'ipotesi, che qualcuno preferisca non rendere pubblico il proprio coinvolgimento per timore di essere giudicato una sorta di «traditore» della disciplina, in un clima che in alcuni ambienti sembra attribuire a queste ricerche una colpa morale. È una reazione che non condivido. Trovo prive di senso anche certe rivendicazioni di una «matematica umana» contrapposta alla matematica prodotta con l'AI, fino alla costituzione di associazioni di matematici che si rifiutano di fare ricerca con l'ausilio di modelli di AI (o di riconoscere i risultati ottenuti in tal modo) o alla nascita di riviste riservate alla matematica esclusivamente "umana". Il punto non è difendere un confine identitario, bensì capire come si produce e si condivide la conoscenza.

C'è, a questo proposito, una leggenda antica che mi diverte ricordare. Ippaso di Metaponto, discepolo della scuola pitagorica, avrebbe scoperto l'incommensurabilità della diagonale e del lato del quadrato, cioè, nel linguaggio odierno, l'irrazionalità della radice di due. Per aver rivelato un segreto capace di incrinare le convinzioni dei suoi maestri, sarebbe stato punito con la morte in mare: un autentico «traditore» della confraternita, dunque, proprio perché aveva contribuito a far progredire la matematica, ma in una direzione "sgradita" alla comunità. Le fonti antiche, a dire il vero, non raccontano esattamente questa storia: Giamblico collega la morte in mare di Ippaso alla divulgazione di una costruzione relativa al

dodecaedro, e l'associazione specifica con la radice di due è una ricostruzione leggendaria successiva. Ma come racconto resta perfetto. Sarebbe singolare se, dopo venticinque secoli, qualcuno tornasse a considerare un tradimento la scelta di collaborare a produrre conoscenze matematiche ottenute con strumenti nuovi. Preferisco pensare che, se esistono matematici coinvolti in queste ricerche, il loro contributo vada discusso e valutato scientificamente, non giudicato con categorie morali.

Anche conoscendo la provenienza della lista dei problemi, sarebbe poi da capire come il modello abbia lavorato. A tutti è stato assegnato lo stesso sforzo computazionale? Si è deciso di investire più tempo sui problemi giudicati importanti, promettenti o difficili? Sono stati ordinati per priorità scientifica, per probabilità di successo, per convenienza dimostrativa o secondo qualche altro criterio? Il modello ha potuto tornare più volte sugli stessi problemi? Con quali indicazioni, selezioni intermedie e interventi umani? Infine, quanto è “costata”, in termini brutalmente monetari, la risoluzione di ogni problema? Senza queste informazioni è difficile valutare davvero il significato dei risultati.

È stato dichiarato un consumo medio equivalente a circa tre ore di elaborazione per ciascun risultato, utilizzando un modello “interno” a OpenAI, molto avanzato e potente, non distribuito al pubblico. È una misura comparativa dello sforzo computazionale, non necessariamente il tempo effettivamente trascorso su ogni problema. Rimane comunque un dato impressionante, se rapportato alla profondità di alcune questioni matematiche. Ma proprio per questo è importante conoscere la distribuzione degli sforzi: una media non dice quanto sia stato investito sul singolo problema e quali strategie abbiano funzionato.

La pubblicazione ufficiale contiene già elementi di documentazione, compresi alcuni resoconti abbreviati del ragionamento e statistiche sull'attività del modello. Sarebbe sbagliato dire che non è stato spiegato assolutamente nulla. La mia obiezione è più precisa: queste informazioni non costituiscono ancora una ricostruzione sufficientemente completa e utilizzabile del lavoro svolto, tanto meno del lavoro che non ha portato a risultati pubblicati.

Ma c'è una questione che mi interessa ancora di più dei risultati annunciati: vorrei sapere quali siano i problemi sui quali il modello *non ha ottenuto, o almeno non ha pubblicato, una soluzione*. Se si confrontano, in termini approssimativi, 4.000 problemi affrontati con circa 400 risultati o famiglie di risultati resi noti, vengono spontaneamente in mente gli altri 3.600. Il numero è indicativo: non è corretto dedurre automaticamente che ciascuno di quei problemi corrisponda a un fallimento netto, perché possono esserci risultati parziali, sovrapposizioni o differenti criteri di aggregazione. Ma la domanda rimane, ed è enorme.

Vorrei conoscere non soltanto l'elenco dei problemi rimasti senza una soluzione comunicata, ma anche i tentativi compiuti su ciascuno di essi. Quali idee sono state esplorate? Quali riduzioni, tecniche, analogie, costruzioni o approcci sono stati provati? Quali hanno condotto a contraddizioni o a errori individuati? Quali si sono arenati su un ostacolo preciso? Quali sono stati semplicemente abbandonati senza che ne fosse dimostrata l'impossibilità? Quest'ultima distinzione è essenziale: una linea che non ha funzionato in una determinata esecuzione non è necessariamente una linea matematicamente impossibile. E proprio una descrizione accurata degli ostacoli consentirebbe ai ricercatori di capire che cosa valga la pena riprendere e che cosa invece sia già stato esplorato senza frutto.

Non escludo che queste informazioni possano rivelarsi, in alcuni casi, perfino più utili dei risultati pubblicati. I teoremi eventualmente dimostrati sono, per così dire, matematica «chiusa»: occorre controllarli, comprenderli, assorbirli, e da lì nasceranno certamente altre domande. Ma un insieme strutturato di tentativi infruttuosi sarebbe matematica ancora aperta, materiale estremamente prezioso, immediatamente disponibile per orientare il lavoro di centinaia o migliaia di ricercatori. Il suo valore non

consisterebbe soltanto nel far risparmiare tempo: renderebbe visibili ostacoli comuni, schemi ricorrenti, connessioni inaspettate e magari intuizioni che la macchina ha sfiorato senza riuscire a svilupparle.

Basta pensare a come funziona la ricerca quotidiana. Chiunque abbia fatto matematica conosce l'utilità dei tentativi sbagliati. Prima di trovare la strada giusta se ne provano spesso molte altre, e una quantità enorme di lavoro serve a capire perché certi approcci non producono nulla. Nella letteratura pubblicata, di solito, questo percorso scompare: il lettore vede l'enunciato e la dimostrazione riuscita, non le settimane o i mesi spesi a scartare idee. Nella vita reale della matematica, però, queste informazioni passano continuamente da una persona all'altra: nei seminari informali, nelle conversazioni tra colleghi, nei gruppi di lavoro, nei corridoi, durante le visite e nelle collaborazioni.

Immaginiamo un dottorando al quale sia stato proposto un problema. Lo studente formula un'idea, prova a imboccare una certa strada, e il relatore gli dice: «Guarda, questa linea è già stata tentata in tutti i modi; non ha funzionato per questo motivo. Cerca un'altra strada». Il relatore non gli sta semplicemente risparmiando lavoro inutile: gli sta trasmettendo un pezzo di conoscenza che difficilmente si trova scritto in un articolo. È una delle componenti più importanti della formazione alla ricerca. L'esperienza di chi ha già sbagliato permette a chi viene dopo di non ricominciare sempre da zero.

Con i modelli più potenti potremmo trovarci davanti a qualcosa di simile, ma su scala molto maggiore. Un modello molto potente può aver percorso migliaia di strade, eppure la comunità vede soprattutto quelle che hanno prodotto un testo presentabile. Se fosse possibile conoscere in modo intelligibile anche i percorsi senza esito, la matematica disporrebbe di una sorta di memoria collettiva nuova: non un archivio di verità negative assolute, ma una mappa dettagliata dei tentativi già compiuti e delle difficoltà incontrate. Per questo definisco quei tentativi «oro puro». E per questo mi stupisce che, nelle discussioni pubbliche, si chiedi così poco che siano messi a disposizione della comunità matematica affinché li possa studiare.

È qui che nasce la mia critica a OpenAI, o meglio al modo in cui le società private potrebbero finire per organizzare la ricerca matematica. Non rimprovero all'azienda di aver costruito modelli molto potenti, di averli fatti lavorare su problemi aperti o di aver pubblicato, in modo improvviso e travolgente, una gran quantità di risultati importanti, sconvolgendo la comunità matematica (anche se una maggiore eleganza nella presentazione sarebbe stata opportuna). Sono favorevole all'accelerazione della conoscenza matematica. Il problema è che presentare soprattutto ciò che ha funzionato significa rinunciare, almeno per ora, a condividere una parte potenzialmente immensa del valore scientifico prodotto dal processo stesso. Se questo diventasse il modo abituale in cui le imprese fanno ricerca matematica, il problema si ripresenterebbe su scala ancora maggiore.

Capisco le ragioni commerciali di questa scelta. Se si prevede di usare modelli ancora più potenti, di dedicare maggior tempo di calcolo agli stessi problemi o di annunciare nuove grandi ondate di risultati importanti (anche questa, per ora, è una voce che circola: siamo sempre dalle parti del gol di Zoff...), rendere pubblici i tentativi precedenti potrebbe significare regalare informazioni utili ai concorrenti. È possibile che una parte della reticenza dipenda proprio dalla volontà di conservare tale vantaggio. È un'ipotesi, non un fatto accertato; ed è comprensibile dal punto di vista di un'impresa privata. Ma entra in tensione con l'idea di un'operazione concepita innanzitutto per far progredire la scienza.

La collaborazione scientifica, infatti, non consiste nel presentare agli altri soltanto le vittorie. Quando due matematici lavorano insieme, discutono ipotesi, mostrano dimostrazioni incomplete, espongono le idee che sembrano promettenti e raccontano anche i tentativi falliti. È in quello scambio che spesso nascono poi i successi. Se vogliamo parlare seriamente di collaborazione fra matematici e intelligenza artificiale, dobbiamo pretendere qualcosa di analogo: una comunicazione bidirezionale, nella quale la macchina non

si limiti a consegnare periodicamente pacchi di teoremi, ma renda comprensibili il proprio percorso, i suoi limiti e le piste già percorse.

Questo non significa pretendere necessariamente la pubblicazione integrale di qualunque traccia interna, specie quando sia illeggibile o non affidabile. Sarebbe invece desiderabile disporre di resoconti matematici controllabili: per ciascun problema, una presentazione ordinata degli approcci tentati, dei motivi per cui non si è arrivati alla dimostrazione e degli eventuali risultati parziali utilizzabili. Anche articoli dedicati ai tentativi non riusciti, o archivi strutturati e consultabili, potrebbero essere molto utili.

La questione è tanto più urgente se cominciamo a considerare questi sistemi per quello che stanno diventando dal punto di vista della ricerca: agenti matematici non umani, con i quali saremo chiamati a interagire. Oggi ne vediamo uno o pochi, per giunta disponibili solo all'interno di alcune organizzazioni. In futuro potrebbero essercene molti di più. Non vedo perché l'assenza di una natura umana dovrebbe impedirci di riconoscere loro un ruolo effettivo nella produzione di argomenti, idee e risultati matematici, pur restando indispensabile attribuire agli esseri umani e alle istituzioni le responsabilità scientifiche della verifica, della pubblicazione e delle applicazioni.

Tuttavia, il rapporto è attualmente profondamente asimmetrico. Il singolo matematico può lavorare con la propria intelligenza artificiale, ma i sistemi accessibili individualmente sono molto meno potenti dei modelli "interni" non pubblici utilizzati per queste operazioni. L'accesso al partner più capace è quindi mediato da una società privata, che decide quali problemi sottoporli, quanto farlo lavorare, che cosa pubblicare e quali informazioni trattenere. Non è la stessa cosa che poter dialogare liberamente con un collega, scambiare idee e intervenire reciprocamente sulle strategie.

OpenAI ha annunciato iniziative per sostenere l'analisi dei risultati pubblicati, inclusi finanziamenti a programmi della Simons Foundation e accesso a risorse per ricercatori coinvolti. Sono sviluppi da valutare positivamente. Ma non sostituiscono il punto di principio: la collaborazione scientifica non può limitarsi a un accesso selettivo ai prodotti finali o a programmi circoscritti di verifica. Per diventare realmente feconda, deve consentire uno scambio molto più ampio di informazioni e idee, anche quando un tentativo non ha dato un teorema.

Da queste considerazioni discende una richiesta concreta: un catalogo dei problemi sottoposti al modello, che distingua risultati completi, risultati parziali e problemi ancora senza soluzione, e renda noti i criteri di selezione, le competenze coinvolte e il protocollo generale di lavoro. Sarebbero utili anche dati comparabili sullo sforzo computazionale impiegato: la media delle tre ore, da sola, dice poco sulla distribuzione delle risorse.

Soprattutto, vorrei una modalità ordinaria di pubblicazione dei tentativi senza esito, in una forma davvero utilizzabile dai matematici. Occorrerebbe distinguere errori logici, ostacoli tecnici compresi, strategie semplicemente abbandonate e risultati parziali ancora validi: un tentativo non riuscito non dimostra affatto che quella strada sia impraticabile. Archivi organizzati in questo modo potrebbero diventare una risorsa scientifica di grande valore.

Aggiungerei che un'operazione di questa dimensione dovrebbe essere accompagnata da un sistema di revisione continuo, leggibile, che renda esplicito che cosa è stato formalizzato in Lean, che cosa è stato controllato da specialisti, che cosa è stato corretto o ritirato e che cosa resta una proposta in attesa di verifica. Sarebbe una forma di responsabilità adeguata alla scala del fenomeno, oltre che una base più solida per conquistare la fiducia della comunità.

Rimane il fatto che considero molto promettenti le prospettive scientifiche dell'intelligenza artificiale. Se i modelli sapranno risolvere problemi difficili, tanto meglio per la matematica: non vedo alcuna ragione di

ostacolare questo progresso. Mi auguro anzi che i sistemi migliorino, affrontino questioni sempre più profonde e diventino strumenti ordinari di ricerca. Il punto è evitare che questa capacità resti concentrata in pochi laboratori e che il resto della comunità ne conosca soltanto i successi annunciati.

È dunque alle imprese, OpenAI compresa, che chiedo di condividere, per quanto possibile, anche ciò che non si è concluso con una dimostrazione. Ma la richiesta di collaborazione non può esaurirsi qui: sarebbe troppo comodo pretendere apertura dalle aziende e continuare, fra matematici, a nascondere le idee per paura di essere preceduti.

La questione riguarda infatti anche noi. Se vogliamo approfittare davvero delle possibilità offerte dall'AI, dovremo probabilmente rivedere alcune abitudini della ricerca matematica, a cominciare dall'importanza attribuita al nome di chi arriva per primo alla soluzione definitiva. La matematica è sempre stata un'impresa collettiva, anche quando la sua storia viene raccontata attraverso pochi protagonisti. Con decine di ricercatori, diversi agenti AI e una successione di contributi pubblici, stabilire chi abbia dato il colpo finale potrebbe diventare sempre meno interessante.

Non penso che i meriti individuali vadano cancellati, né che un'intuizione originale perda valore perché nasce dentro un gruppo. Ma se il criterio principale diventa l'avanzamento effettivo della conoscenza, il riconoscimento dovrebbe riguardare anche chi ha formulato il problema giusto, trovato un'idea parziale, individuato un errore o messo altri nelle condizioni di proseguire. Non soltanto chi firma la dimostrazione riuscita.

Lo stesso vale per la competizione. Naturalmente può essere uno stimolo, e non mancano esempi storici di risultati nati da una rivalità. Va però distinta dalla libertà di seguire approcci indipendenti, che può produrre idee diverse e perfino dimostrazioni utili a controllarsi reciprocamente. Quello che mi sembra sempre meno sensato è l'incentivo a tenere segreti i propri progressi per arrivare primi: due gruppi possono così percorrere le stesse strade e incontrare separatamente gli stessi ostacoli. Se i modelli di AI moltiplicheranno i tentativi possibili, il costo di questa dispersione potrà aumentare. Vorrei quindi vedere meno segretezza competitiva e più lavoro su problemi condivisi, senza rinunciare alla pluralità delle idee.

La collaborazione dovrebbe essere insieme verticale e orizzontale: fra matematici e aziende che sviluppano i sistemi più avanzati, ma anche fra matematici di università, paesi e settori diversi. Si potrebbero formare consorzi aperti, nei quali condividere con continuità congetture, risultati parziali, tentativi falliti, strumenti e responsabilità di verifica. Non immagino un'unica gigantesca squadra che lavori su tutto, ma reti di gruppi capaci di coordinarsi, con problemi e metodi diversi e con una circolazione delle informazioni molto maggiore di quella attuale.

Questa collaborazione ha anche un risvolto finanziario. I modelli più capaci e il tempo di calcolo necessario a usarli su larga scala costano; per il singolo matematico, e spesso per un piccolo dipartimento, non sono risorse facilmente accessibili. Università e istituti potrebbero consorziarsi per negoziare l'accesso ai sistemi migliori o per commissionare, insieme alle aziende, modelli dedicati a compiti e settori specifici. Governi e agenzie di finanziamento avrebbero un ruolo naturale nel sostenere infrastrutture di questo genere, a condizione che i risultati e, per quanto possibile, anche i percorsi di ricerca non rimangano patrimonio esclusivo di pochi soggetti.

Naturalmente la questione non è soltanto mettere insieme un gran numero di matematici e dotarli di modelli potenti. È anche decidere chi stabilisce i problemi da affrontare, come vengono distribuite le risorse e a chi restano accessibili i risultati. Una collaborazione davvero globale non dovrebbe semplicemente trasferire il controllo della ricerca dai singoli matematici a poche grandi organizzazioni. Dovrebbe, al contrario, distribuire maggiormente sia le possibilità di partecipazione sia le decisioni scientifiche.

Qualcosa in questa direzione comincia già a vedersi. L'11 ottobre 2026 è stata annunciata in Cina la Yau Laboratory Alliance for Mathematics and Artificial Intelligence, promossa da Shing-Tung Yau. Coinvolge otto istituzioni e si propone di costruire una rete di oltre mille scienziati, sviluppando modelli specializzati per la matematica e impiegandoli anche nella produzione di congetture e nella formalizzazione di dimostrazioni. Non sappiamo ancora se e come questa collaborazione funzionerà, e non si tratta di mille matematici ai quali sia stato semplicemente ordinato di lavorare insieme. Ma è interessante che si pensi già a una struttura di questa scala.

E, a ben vedere, l'idea di grandi collaborazioni scientifiche non è affatto esotica. Nel 2015 un articolo congiunto delle collaborazioni ATLAS e CMS del CERN, relativo alla misura combinata della massa del bosone di Higgs, contava 5.154 autori: cinquemilacentocinquantaquattro (Physical Review Letters 114 – 2015). La matematica non è la fisica sperimentale e non richiede apparati della stessa natura; tuttavia, se un risultato può essere il prodotto di un lavoro tanto articolato, perché escludere a priori che anche problemi matematici molto difficili vengano affrontati da collaborazioni di dimensioni oggi insolite?

Per arrivarci, naturalmente, non basterà invitare tutti a collaborare. Bisognerà cambiare anche gli incentivi: il modo in cui si valutano i ricercatori, si assegnano finanziamenti, si riconoscono i contributi e si formano i giovani. Chi viene giudicato quasi esclusivamente sulla base dei risultati che può rivendicare a proprio nome avrà comprensibilmente poche ragioni per condividere subito un'idea incompleta. E sarebbe un risultato piuttosto misero sostituire la concorrenza fra singoli con una competizione altrettanto chiusa fra grandi consorzi o aziende.

Non vorrei, d'altra parte, che l'organizzazione collettiva soffocasse la libertà di lavorare da soli, inseguire un'intuizione personale o occuparsi di problemi che non interessano a nessuna grande iniziativa. In matematica questa libertà ha un valore che non si può misurare soltanto in termini di efficienza. Le due cose, però, non mi sembrano incompatibili: una rete di collaborazione aperta dovrebbe moltiplicare le possibilità individuali, non ridurle.

Il cambiamento che auspico, insomma, non è semplicemente un rapporto più cordiale fra matematici e aziende, né un aumento del numero di teoremi prodotti dalle macchine. È una collaborazione globale, scientifica e anche materiale, fra ricercatori, università, agenti AI, imprese e istituzioni pubbliche: accesso condiviso agli strumenti migliori, progetti comuni, circolazione dei risultati parziali, memoria dei tentativi falliti e verifica aperta dei risultati. In un'organizzazione del genere avrebbe sempre meno senso chiedere soltanto chi ha risolto un problema; sarebbe assai più utile chiedere che cosa abbiamo imparato, e come possiamo usare insieme ciò che abbiamo imparato per andare avanti.

Non so se riusciremo a organizzarci così, né in quali tempi. Sono però convinto che la capacità matematica dei nuovi modelli renderà questa domanda sempre più difficile da evitare. E spero che, invece di difendere ciascuno il proprio piccolo primato, si finisca per considerare normale quello che oggi pare quasi controintuitivo: condividere non soltanto le dimostrazioni riuscite, ma anche le idee ancora incerte e gli errori, e farlo fra gruppi, paesi e sistemi diversi. Se ciò che ci interessa è davvero il progresso della matematica, la collaborazione globale potrebbe contare almeno quanto la potenza dei modelli che avremo a disposizione.

23 Ottobre 2026

Carlo Mantegazza