

# L'avidità salverà la matematica (i matematici)?

*Intelligenza artificiale, costi della ricerca e disuguaglianze nell'accesso alla conoscenza*

*«L'avidità, non trovo una parola migliore, è valida, l'avidità è giusta, l'avidità funziona».*

Gordon Gekko, *Wall Street* (Oliver Stone, 1987).

## 1. Dalla soluzione di un problema alla fine di una professione

L'8 settembre 2026 OpenAI ha annunciato una dimostrazione della formazione di singolarità in tempo finito per le equazioni di Navier–Stokes tridimensionali con una forza esterna regolare, accompagnata da una formalizzazione in Lean [1]. Tre giorni dopo, il Clay Mathematics Institute ha parlato di un'apparente soluzione, lasciando naturalmente alle verifiche successive sia la conferma del risultato sia la questione del merito [2]. Il risultato riguarda la situazione con un termine forzante (prevista dal *problema del millennio*); la regolarità globale o meno in assenza di tale termine è dunque un problema ancora aperto [3].

In questi giorni si è passati con una rapidità impressionante dall'annuncio di un risultato straordinario al funerale della professione. La matematica è finita, i matematici non serviranno più, fra poco una macchina farà tutto. Può darsi che stiamo davvero entrando in una fase nuova e molto più radicale delle precedenti; sarebbe sciocco negarlo. Ma il salto logico fra «una macchina ha risolto questo problema» e «non serviranno più matematici» mi sembra enorme. Anche concedendo che la dimostrazione venga pienamente confermata e che sistemi analoghi risolvano presto altri grandi problemi, restano almeno tre domande: quanto costa farli lavorare, chi può permetterselo e per quali scopi chi li controlla avrà interesse a usarli.

Una campagna eccezionale costruita intorno a un problema celebre ci dice, per ora, molto sulla capacità tecnica e assai meno sulla ricerca quotidiana. Non sappiamo se sarebbe sensato organizzare nello stesso modo migliaia di progetti, né se il modo più efficiente di fare matematica sarà lasciare tutto alla macchina oppure usarla per moltiplicare il lavoro di persone competenti. Sono questioni economiche e organizzative, non dettagli secondari. Nella discussione più catastrofista di questi giorni vengono spesso trascurate.

Del resto, l'automazione di alcuni compiti non coincide automaticamente con la scomparsa di un mestiere: gli economisti insistono da tempo sul fatto che contano sia le attività eliminate sia quelle rese possibili o più produttive [4]. Naturalmente non è una polizza assicurativa per noi. Però la matematica non è un elenco finito di problemi con una casella da spuntare. Un grande teorema chiude una domanda e quasi sempre ne apre altre; bisogna scegliere quali valga la pena porre, inventare concetti, riconoscere connessioni, semplificare, spiegare, insegnare. Forse una parte crescente di questo lavoro sarà assistita o addirittura automatizzata. Non vedo però, almeno oggi, una ragione seria per considerare già automatizzato l'intero processo scientifico.

## 2. Il costo di un teorema

Nel resoconto di OpenAI si parla di circa 10.000 agenti simultanei nel gruppo decisivo, 88 ore di ricerca e altre 17 per formalizzazione e verifica. Per Navier–Stokes vengono indicati circa 130 miliardi di token di output, su circa 300 miliardi per l'insieme dei problemi affrontati [1]. Sono numeri che vale la pena tenere davanti agli occhi. Qualunque cosa si pensi del risultato,

non stiamo parlando di una lunga sessione con il chatbot che ciascuno di noi usa sul proprio computer.

Un token è un'unità con cui il sistema rappresenta ed elabora il contenuto; non coincide necessariamente con una parola. Le API consentono di utilizzare i modelli da programmi, anche facendo lavorare molte istanze insieme, e i listini distinguono varie componenti del consumo [5]. Perciò il prezzo di un abbonamento personale a ChatGPT o Claude dice pochissimo sul costo di una vera campagna autonoma di ricerca. L'interfaccia può essere la stessa; sotto, però, la scala del calcolo può cambiare di parecchi ordini di grandezza.

Sugli 80 milioni di dollari preferisco essere prudente: li uso qui come scenario di costo, non come consuntivo accertato dell'operazione Navier–Stokes. Anche avessimo una cifra certa, bisognerebbe capire che cosa contiene. Addestramento del modello, inferenza sul problema, tentativi falliti, lavoro umano, infrastruttura e prezzo finale al cliente non sono la stessa cosa. Attribuire a un singolo teorema l'intero costo di un modello riutilizzato in mille altri modi sarebbe sbagliato; contare due volte energia e infrastrutture lo sarebbe altrettanto.

Un conto molto rozzo serve almeno a chiarire il punto. Alla data di consultazione, la tariffa standard pubblica di GPT-6 Astra per l'output a contesto breve è di 50 dollari per milione di token [5]. Applicata a 130 miliardi di token, darebbe 6,5 milioni di dollari per il solo output. Non è una stima del costo di Navier–Stokes: il modello utilizzato era interno, mancano altre voci e il prezzo commerciale non coincide con il costo industriale. Il conto non conferma gli 80 milioni; mostra soltanto quanto sia facile parlare di «costo del teorema» senza avere davvero la contabilità dell'esperimento.

Per un ente che finanzia ricerca, la grandezza interessante è un'altra: quanto costa arrivare, in media, a risultati verificati e riutilizzabili? Bisognerebbe mettere nel conto anche i tentativi falliti, il lavoro delle persone, gli strumenti esterni e la conservazione dei materiali. Il successo spettacolare che vediamo è, inevitabilmente, selezionato. Per capire se questa modalità di ricerca sia davvero generalizzabile ci servirebbero anche i dati sulle strade che non hanno portato da nessuna parte.

Tutto questo non riduce di un millimetro l'importanza del risultato. Se una macchina risolve un problema che ha resistito per decenni, possiamo ben decidere che una spesa enorme ne valga la pena. Ma è diverso dire che vale la pena farlo una volta e dire che questo diventerà il modo normale di lavorare su ogni lemma, ogni tesi di dottorato, ogni intuizione ancora confusa. È precisamente su questa distanza fra eccezione e routine che, secondo me, si giocherà una parte del futuro della professione.

### **3. Il valore della matematica per un'impresa tecnologica**

Dire che a OpenAI e Anthropic «non interessa la matematica» è volutamente brutale e, preso alla lettera, ingiusto. Non so che cosa motivi personalmente i ricercatori che vi lavorano e non ho motivo di dubitare che molti siano sinceramente interessati ai problemi scientifici. Ma un'azienda resta un'azienda. L'importanza intrinseca di un teorema non basta, da sola, a decidere dove vadano miliardi di dollari. Nessun consiglio di amministrazione ha il dovere di sostenere per decenni tutta la matematica pura, comprese le aree che non fanno notizia e non promettono ritorni economici.

OpenAI scrive esplicitamente che la pubblicazione del risultato serve anche a documentare i progressi dei propri modelli [1]. È difficile non vedere, quindi, anche una dimostrazione

pubblica di potenza. Risolvere un problema celebre vale come ricerca e, nello stesso tempo, come pubblicità: dice ai clienti e agli investitori che quella tecnologia è capace di qualcosa che fino al giorno prima sembrava fuori portata. Le due cose possono convivere benissimo.

Il ritorno economico può arrivare da mercati che con la matematica hanno pochissimo a che fare. Una spesa che non recupereresti mai vendendo teoremi alle università può diventare ragionevole se convince banche, industrie, governi o grandi aziende ad acquistare servizi. Ma proprio qui vedo un limite alle profezie più nere. Il primo *Millennium Problem* risolto da una macchina ha un valore simbolico gigantesco; il diecimillesimo problema tecnico di una sottoarea specialistica molto meno. Non vedo perché l'investimento debba restare dello stesso ordine.

C'è poi un fatto elementare: una dimostrazione, una volta pubblicata, diventa in gran parte un bene che altri possono usare senza pagare ogni volta chi l'ha scoperta. L'incertezza e la difficoltà di appropriarsi del valore economico della ricerca sono temi classici [6]. Per un'impresa può essere molto più naturale vendere l'accesso alla macchina che cerca il prossimo teorema che vendere il teorema già trovato. Potremmo quindi avere una conoscenza pubblica e, nello stesso tempo, mezzi di scoperta fortemente concentrati.

Paradossalmente, anche questo mi sembra un motivo per non indulgere troppo nel catastrofismo. Il mercato non ha nessun interesse a spendere risorse illimitate per esaurire la matematica, ammesso pure che fosse tecnicamente possibile farlo. Se un problema non produce ritorni, il calcolo verrà usato altrove. Quel problema resterà lì, e qualcuno dovrà ancora avere una ragione scientifica per occuparsene. Università, enti pubblici e comunità di ricerca non diventano meno necessarie: semmai diventa più importante capire che cosa vogliamo finanziare indipendentemente dal suo valore commerciale immediato.

#### **4. Il prezzo dei token e il costo effettivo della ricerca**

Dobbiamo allora aspettarci un aumento continuo del prezzo dei token? Non ne sono affatto sicuro. Il prezzo delle prestazioni già disponibili può scendere rapidamente: l'AI Index di Stanford riporta, fra novembre 2022 e ottobre 2024, una riduzione di oltre 280 volte del costo d'inferenza per prestazioni paragonabili a GPT-3.5 sul benchmark MMLU [7]. Questo non misura il costo della ricerca matematica, ma basta a rendere sospetta qualunque previsione lineare del tipo «domani ogni token costerà di più».

Il problema, però, è che a noi interessa la spesa complessiva per ottenere un risultato. Se il singolo token costa la metà ma ne servono dieci volte tanti, paghiamo cinque volte di più. Agenti in parallelo, contesti lunghi, verifiche ripetute e strategie alternative possono mangiarsi in fretta i guadagni di efficienza. Può anche accadere l'opposto: un modello migliore potrebbe trovare prima la strada giusta. È proprio per questo che, secondo me, ha poco senso fissarsi su una sola riga del listino.

Un'indicazione viene dalla stessa Anthropic. Nel resoconto del 2025 sul proprio sistema di ricerca, l'azienda indicava per le architetture multiagente un consumo di token circa quindici volte superiore a quello delle conversazioni ordinarie [8]. È un dato relativo a quel sistema e a quei compiti, non una legge universale. Ma rende molto concreta la distanza fra l'assistente che usiamo tutti i giorni e una procedura che esplora in autonomia molte strade per ore o giorni.

Inoltre potremmo pagare di più senza vedere un aumento spettacolare del prezzo nominale. Il modello migliore potrebbe essere spostato su un piano diverso, i limiti di utilizzo potrebbero restringersi, la priorità o i contesti lunghi essere venduti a parte. I listini già distinguono modelli, tipi di token e modalità d'impiego [5, 9]. Per chi deve programmare la spesa di un dipartimento, il prezzo di un milione di token è quindi solo una piccola parte del problema.

Le aziende devono recuperare investimenti e produrre margini. Questo rende plausibili rincari o restrizioni quando la domanda è alta e le alternative poche; non li rende inevitabili, perché concorrenza e progresso tecnico possono spingere nella direzione opposta. Non so quale delle due forze prevarrà. So però che una dipendenza scientifica da condizioni commerciali decise altrove è un problema reale, soprattutto quando cambiare fornitore significa buttare mesi di procedure, integrazioni e abitudini di lavoro.

E poi c'è la parte fisica, che la parola «cloud» tende a farci dimenticare. Nel rapporto Energy and AI del 2025, l'Agenzia internazionale dell'energia prospettava per il 2030 una domanda elettrica mondiale dei data center di circa 945 terawattora, più del doppio rispetto al 2024 [10]. È uno scenario, non una certezza, e riguarda molto più della matematica. Però ricorda una cosa banale e importante: dietro una risposta apparentemente immateriale ci sono centrali, reti, chip, raffreddamento, manutenzione. L'abbondanza sullo schermo non elimina la scarsità delle infrastrutture.

In questo quadro trovo quasi sorprendente la situazione di oggi. Per un matematico che sappia usare bene questi strumenti, un abbonamento personale dell'ordine di cento euro al mese può essere un affare eccezionale, quasi un «regalo» di OpenAI e Anthropic alla comunità. Entrambe le aziende offrono un livello individuale da 100 dollari mensili; parlo quindi di cento euro come ordine di grandezza, non come prezzo identico in ogni paese [21, 22]. Il regalo, naturalmente, non è filantropia: è la possibile sproporzione fra quello che paghiamo e quello che riusciamo a ricavarne scientificamente. E per un precario o uno studente, va detto, anche quella cifra può già essere importante.

Non darei però per scontato che questo equilibrio duri. Pagando un abbonamento compriamo un accesso, con limiti e condizioni modificabili; non possediamo la macchina. Anthropic, per esempio, precisa che piani e prezzi possono cambiare [21, 22]. Le prestazioni che oggi rientrano in un canone personale potrebbero domani richiedere un piano molto più caro o un pagamento a consumo. Forse i prezzi scenderanno invece ancora. Non lo sappiamo. Proprio questa incertezza mi sembra il punto.

C'è anche un'ipotesi più radicale: che l'accesso personale ai sistemi migliori venga semplicemente ritirato. Il ritiro di singoli modelli fa già parte del normale ciclo di vita dei servizi; Anthropic ne segnala esplicitamente le conseguenze per ricerche in corso e studi comparativi [23]. Sostituire un vecchio modello non significa chiudere la porta alla ricerca, naturalmente. Ma ci ricorda che ciò che oggi possiamo usare non è necessariamente uno strumento che potremo conservare domani. Il sistema più capace potrebbe restare interno o essere riservato a pochi clienti istituzionali.

Gli scacchi e il Go, sui quali torno più avanti, rendono almeno immaginabile questo scenario. Deep Blue fu ritirato; AlphaGo smise di competere dopo avere dimostrato ciò che doveva dimostrare [12, 13]. Nel loro caso non sparì certo l'accesso ai programmi di gioco, e Stockfish è lì a ricordarcelo [17]. Per la matematica il punto sarebbe un altro: potremmo perdere l'accesso a un sistema davvero utile senza avere un sostituto equivalente. A quel punto la

questione diventerebbe inevitabilmente politica: chi garantisce l'accesso, a quali costi e con quali criteri?

Per questo considero il momento attuale, con tutte le cautele del caso, una specie di finestra d'oro. Possiamo provare strumenti di una potenza impensabile fino a poco tempo fa senza dover prima vincere un grande progetto. Non so se durerà due anni, dieci o molto di più. La reazione più sensata, mi pare, non è né il panico né l'attesa passiva: è usarli adesso, imparare che cosa sanno e che cosa non sanno fare, e trasformare l'accesso temporaneo in qualcosa che resti - idee, dimostrazioni controllate, metodi compresi, codice riutilizzabile, giovani più preparati. I token consumati spariscono; quello che abbiamo davvero capito no.

## **5. Una nuova disuguaglianza fra matematici**

La matematica non è mai stata un'attività egualitaria quanto alle risorse. Contano il tempo libero da altri compiti, la stabilità del posto, i colleghi, i viaggi, le biblioteche, la possibilità di stare in un ambiente scientifico forte. Se a tutto questo aggiungiamo campagne di calcolo costose, compare però una disuguaglianza nuova e molto diretta: avere un'idea potrebbe non bastare; bisognerebbe anche potersi permettere di provarla.

Il vantaggio potrebbe diventare cumulativo. Più fondi significano più tentativi; più tentativi possono produrre più risultati; più risultati possono attirare altri fondi. Non è scritto che debba andare così, e sarebbe un errore presentarlo come un destino. Ma se continueremo a valutare soltanto gli esiti finali, fingendo che tutti abbiano avuto gli stessi strumenti, rischieremo di scambiare una parte della ricchezza del gruppo per qualità scientifica individuale.

Il caso che mi preoccupa di più è quello di un giovane con una buona idea e pochi mezzi, che vede un gruppo più ricco esplorarne cento varianti mentre lui ne può controllare due. In quel mondo anche la scelta dei problemi diventa, almeno in parte, una scelta di bilancio. È un rischio serio. Ma qui vorrei evitare un'altra profezia automatica: strumenti economici e diffusi possono anche fare l'opposto, cioè dare a un piccolo gruppo possibilità che prima erano riservate a grandi centri. Molto dipenderà da dove si fermerà la fascia davvero accessibile della tecnologia.

Bisogna inoltre separare la capacità di scoprire dalla possibilità di leggere e verificare ciò che è stato scoperto. Una prova pubblicata può essere controllata senza rifare l'intera campagna che l'ha trovata; un certificato formale può costare molto meno della ricerca del certificato. Potremmo quindi avere risultati largamente accessibili e mezzi di scoperta molto concentrati. Parlerei, per questo, di concentrazione dei mezzi di ricerca più che di monopolio della verità.

Una parte della risposta potrebbe essere sorprendentemente tradizionale: infrastrutture comuni, biblioteche aperte, risultati intermedi condivisi, tempo di calcolo assegnato in base alle idee. I modelli aperti sarebbero utili, ma non bastano: scaricare il software non paga l'hardware né l'energia. D'altra parte, se una quota consistente delle capacità rimanesse economica, potremmo assistere anche a una democratizzazione della ricerca. Non sappiamo ancora quale dei due effetti - concentrazione o diffusione - sarà più forte, e mi sembra prematuro parlare come se la partita fosse già chiusa.

## **6. Dai fondi per i ricercatori ai fondi per i token**

Il rischio che vedo più vicino non è quello cinematografico del dipartimento vuoto, con le macchine che dimostrano teoremi da sole. È qualcosa di molto più prosaico: assumere un giovane in meno per comprare più calcolo. In un PRIN o in un ERC potremmo presto trovarci a destinare una parte seria del budget a crediti API, rinunciando a un dottorando, a un post-doc, a una visita lunga. Non dico che questa trasformazione sia già in corso ovunque; dico che è abbastanza plausibile da meritare attenzione prima che diventi normale.

In quel caso cambierebbe anche la traiettoria del denaro pubblico. Invece di costruire competenze nel dipartimento, una quota crescente finirebbe a fornitori esterni. Finché paghiamo, la capacità c'è; quando i crediti finiscono, resta ciò che abbiamo prodotto ma non la possibilità di continuare. Se nel frattempo non abbiamo formato persone, nessun rinnovo dell'abbonamento può ricrearle in pochi mesi. La questione, quindi, non è solo quanto spendiamo: è quanta autonomia scientifica rimane nelle istituzioni.

Detto questo, anche qui non vorrei trasformare un rischio in un destino. Se gli strumenti aumentano molto la produttività, potrebbe diventare razionale finanziare insieme più persone e più calcolo, non scegliere necessariamente fra le due cose. Un giovane ricercatore non è soltanto manodopera per il progetto in corso: tra dieci anni potrà porre problemi che oggi non immaginiamo, formare studenti, riconoscere errori, tenere insieme un gruppo. Ma proprio per questo bisogna evitare che il primo guadagno di efficienza venga automaticamente tradotto in un taglio degli organici.

L'ipotesi degli 80 milioni serve a dare un ordine di grandezza. Se, solo per fare un confronto, consideriamo un costo complessivo annuo di 160.000 dollari per ricercatore, parliamo di 500 anni-persona: cinquanta posizioni per dieci anni. Non è una stima degli stipendi accademici e non significa che cinquanta persone avrebbero risolto Navier-Stokes. Serve soltanto a ricordare che una singola campagna molto costosa compete, in bilancio, con programmi scientifici di durata generazionale.

Il confronto, naturalmente, non si chiude contando gli articoli. Un solo grande teorema può valere più di centinaia di risultati ordinari; una campagna automatizzata può lasciare metodi e software riutilizzabili. Ma un gruppo di ricerca lascia anche persone formate, capacità di giudizio, rapporti scientifici, continuità. La domanda che mi farei è molto semplice: quando il finanziamento finisce, che cosa rimane? È una domanda che vale sia per una macchina sia per un dipartimento.

Comprare servizi privati con fondi pubblici non è, in sé, uno scandalo. Può essere la scelta migliore. Vorrei però che chi finanzia avesse chiari i costi, la portabilità dei materiali, la disponibilità di prove e codici, la possibilità di cambiare fornitore e soprattutto l'effetto sulla formazione. Se una macchina ci fa risparmiare metà del tempo, la prima idea non dovrebbe essere per forza dimezzare il numero dei matematici. Potrebbe anche essere raddoppiare la quantità di buona matematica che riusciamo a fare.

## **7. Gli acceleratori della matematica**

I fisici delle alte energie convivono da decenni con una distinzione che per noi potrebbe diventare familiare: una macchina può essere scientificamente desiderabile e, nello stesso tempo, troppo costosa per essere costruita o usata quanto si vorrebbe. Nel 2025 il CERN stimava in 15 miliardi di franchi svizzeri il costo della fase elettrone-positrone del Future Circular

Collider, compresi tunnel, infrastrutture e rivelatori [11]. È il prezzo di un progetto concreto, non naturalmente «il costo per capire la fisica».

Non voglio spingere l'analogia oltre il necessario. Non sappiamo se un acceleratore più grande basterebbe a chiarire la teoria delle stringhe o altre questioni fondamentali; ogni grande macchina porta con sé anche incertezza scientifica. Il punto è un altro: il fatto che una tecnologia possa farci imparare moltissimo non elimina la domanda su quanto siamo disposti a spendere e su quali alternative rinunciare a finanziare.

La chat che oggi tengo aperta sul computer non assomiglia a un acceleratore di particelle. Un sistema che coordini decine di migliaia di agenti per mesi su grandi programmi matematici, economicamente, potrebbe invece cominciare ad assomigliargli. Il singolo dipartimento non dovrebbe costruire il «macchinario»: potrebbe semplicemente non potersi permettere abbastanza tempo di utilizzo. Il muro sarebbe una tariffa o una quota di calcolo, non un tunnel sotto Ginevra.

Questo apre uno scenario curioso e, a mio avviso, meno apocalittico di quanto sembri. Potremmo avere macchine capaci in linea di principio di attaccare moltissimi problemi, ma non abbastanza calcolo da usarle su tutto. In quel caso la scarsità tornerebbe dalla finestra sotto forma di scelte: quali problemi meritano la macchina? quali si possono affrontare con persone e strumenti più modesti? La disponibilità teorica di una capacità non coincide mai perfettamente con il suo uso effettivo.

E le grandi infrastrutture hanno anche un lato positivo: obbligano a costruire comunità, consorzi, criteri di accesso, competenze condivise. Non vedo perché una «macchina della matematica» debba necessariamente espellere i matematici. Potrebbe richiedere proprio persone capaci di formulare buoni programmi di ricerca, scegliere i tentativi sensati, riconoscere i risultati importanti e tradurli in nuova teoria. Sarebbe un mestiere diverso in parte, certo; non necessariamente un mestiere inesistente.

## **8. Gli scacchi: un precedente e i suoi limiti**

Gli scacchi vengono inevitabilmente in mente. Le macchine hanno superato i campioni e, vent'anni dopo, i campioni continuano a esistere. È un precedente confortante, ma non va usato come una metafora pigra. Negli scacchi dobbiamo distinguere almeno tre cose: l'interesse dell'azienda che vuole dimostrare la superiorità della macchina, il valore economico dello sport fra esseri umani e la possibilità pratica di vietare l'assistenza durante la partita. Solo una parte di tutto questo ha un equivalente nella matematica.

Nel 1997 Deep Blue sconfisse Garry Kasparov. IBM ritirò poi la macchina e, nella propria ricostruzione, sottolinea il riuso delle competenze sviluppate in altri ambiti del calcolo e dell'attività economica [12]. Deep Blue non iniziò una carriera di campione del mondo. La dimostrazione era stata fatta: per IBM, continuare a battere esseri umani agli scacchi non era evidentemente il centro del business.

Per Google DeepMind il parallelo più pulito riguarda il Go. Nel maggio 2017, dopo gli incontri con Ke Jie, DeepMind annunciò che AlphaGo non avrebbe più giocato competizioni e che il gruppo si sarebbe spostato verso algoritmi più generali e altre sfide scientifiche, pur continuando a produrre materiali per la comunità del Go [13]. Negli scacchi AlphaZero fu invece confrontato con Stockfish, non con un campione umano: il punto era ormai mostrare la generalità del metodo [14].

Mi pare una lezione utile. Una volta ottenuta la dimostrazione spettacolare di superiorità, l'interesse industriale per ripeterla può evaporare. Questo non significa che IBM o Google «odino» gli scacchi; significa che hanno altri obiettivi. Per la matematica potrebbe accadere qualcosa di simile. Risolvere Navier–Stokes ha un valore simbolico enorme; finanziare in eterno migliaia di problemi specialistici che nessuno fuori da una piccola comunità conosce è un'altra faccenda.

Naturalmente il confine non è così netto: la matematica ha anche una dimensione ludica e gli scacchi un evidente aspetto matematico. Ma c'è una differenza decisiva: gli scacchi sono uno sport. Il pubblico paga per vedere Carlsen contro un altro grande giocatore, non per conoscere la mossa teoricamente migliore in astratto. Contano la pressione, l'errore, il tempo, la rivalità, la storia dei protagonisti. Google ha sponsorizzato il campionato mondiale del 2024 [15]. È la prova che una società può non avere più alcun bisogno di dimostrare che le macchine sono superiori e, nello stesso tempo, trovare economicamente interessante lo spettacolo degli umani che giocano fra loro.

La matematica non ha automaticamente questo paracadute. Una prova corretta resta corretta anche se è stata trovata da un sistema artificiale; non avrebbe senso scartarla perché non rispetta un regolamento sportivo. Possiamo preferire una dimostrazione umana se è più chiara, più corta o più feconda, ma per ragioni matematiche, non perché dobbiamo preservare una categoria agonistica. Questo rende il nostro problema più difficile di quello degli scacchi.

Negli scacchi, inoltre, la separazione fra prestazione umana e aiuto informatico è almeno praticabile. Una partita ha un luogo e una durata definiti; le regole FIDE vietano fonti esterne, consigli e dispositivi non autorizzati, e permettono controlli da parte dell'arbitro [16]. Non sono sistemi perfetti, ma rendono credibile una competizione fra umani senza motore durante il gioco.

Per la ricerca non vedo un confine altrettanto naturale. Un articolo nasce in mesi o anni, fra letture, seminari, email, calcoli, idee altrui e tentativi falliti. Possiamo controllare un esame senza computer; non possiamo realisticamente certificare che nessun passaggio mentale di un lavoro abbia mai ricevuto assistenza artificiale. E, francamente, non so neppure perché dovremmo desiderarlo. Ha senso chiedere trasparenza sugli strumenti e responsabilità sul risultato; trasformare la matematica in una gara «human only» mi sembrerebbe un arretramento.

C'è poi una differenza economica quasi paradossale: Stockfish è gratuito, open source e gira su macchine comuni [17]. Gli scacchi umani non sopravvivono perché il computer è troppo caro; sopravvivono perché abbiamo deciso che la prestazione umana ha un valore autonomo. Non possiamo contare sulla stessa convenzione nella ricerca. Ma il precedente rimane utile almeno per demolire una semplificazione: il fatto che una macchina sia molto più forte non implica, da solo, che l'attività umana perda ogni senso o ogni mercato.

Insomma, gli scacchi mi rendono moderatamente ottimista e altrettanto moderatamente prudente. Ci ricordano che la superiorità tecnica non decide tutto; ci ricordano anche che ogni attività sopravvive per ragioni proprie. Per la matematica la strada più plausibile non mi sembra un santuario senza computer, ma un uso sempre più intenso delle macchine dentro una comunità umana che continui a decidere che cosa vale la pena capire.

## 9. Una corsa alla Luna tecnologica e matematica?

Resta poi una domanda che oggi può sembrare fantascienza e fra qualche anno forse molto meno: i governi lasceranno le macchine più potenti nelle mani di poche aziende private o finiranno, in qualche forma, per avocarne a sé almeno una parte della gestione? Se la capacità di produrre nuova conoscenza diventasse un asset strategico, la tentazione di una corsa alla Luna tecnologica - e forse anche matematica - sarebbe forte. Non si discuterebbe più soltanto del prezzo di un servizio, ma di sovranità: chi può usare la macchina, su quali problemi e con quali vincoli.

Qualche segnale istituzionale, senza bisogno di parlare di nazionalizzazioni, esiste già. Nel 2025 l'AI Continent Action Plan della Commissione europea collegava le infrastrutture di intelligenza artificiale a competitività e sovranità tecnologica, prevedendo AI Factories e AI Gigafactories [18]. Il 24 novembre dello stesso anno il Dipartimento dell'energia statunitense annunciava la Genesis Mission, richiamando esplicitamente il programma Apollo e mettendo insieme laboratori nazionali, imprese e università [19]. Non sono programmi per la matematica pura, ma la direzione è evidente: il calcolo avanzato è già politica industriale e scientifica.

Un intervento pubblico non richiederebbe necessariamente di espropriare OpenAI o Anthropic. Uno Stato potrebbe costruire infrastrutture proprie, finanziare consorzi, comprare quote riservate di calcolo o imporre condizioni quando acquista servizi. Proprietà, finanziamento e controllo sono cose diverse. Per un ricercatore, però, la differenza decisiva sarebbe semplice: accettare passivamente le condizioni di un fornitore oppure avere istituzioni capaci di negoziare anche le finalità e le regole d'accesso.

Un grande problema matematico potrebbe persino diventare un simbolo di primato nazionale. Un governo potrebbe spendere cifre enormi non perché spera di vendere la dimostrazione, ma perché vuole mostrare che le sue infrastrutture sono superiori. È qui che l'analogia con la corsa alla Luna mi sembra interessante: un investimento irrazionale per un dipartimento può essere perfettamente razionale per uno Stato che compra prestigio, tecnologia, competenze e indipendenza strategica.

Questo scenario indebolisce, naturalmente, la mia tesi sull'avidità. Se paga lo Stato, l'assenza di un ritorno commerciale diretto può non contare. La ricerca automatizzata potrebbe ricevere risorse enormi. Ma neppure lo Stato dispone di risorse infinite: dovrà scegliere che cosa finanziare, e non ogni problema aperto diventerà un progetto nazionale. Anche qui, dunque, la macchina potentissima non cancella la scarsità; la sposta al livello delle decisioni politiche.

E non è detto che l'intervento pubblico riduca il potere delle aziende. Potrebbe anche trasformarle in fornitori privilegiati di clienti pubblici molto ricchi. Il ricercatore pagherebbe magari meno di tasca propria, mentre la spesa complessiva e i ricavi dei fornitori crescerebbero. Sapere chi paga i token non basta: conta chi controlla l'infrastruttura, chi stabilisce le priorità e quanta libertà resta a chi fa ricerca.

Per noi la domanda sarebbe molto concreta. Se domani l'abbonamento personale non desse più accesso al sistema utile, chi ci permetterebbe di continuare? Un'infrastruttura pubblica o un accordo nazionale potrebbero essere la risposta. Ma a quali costi? Con quante ore a testa? Con quali procedure di selezione? Un conto è avere una macchina gratuita per dieci progetti

«strategici»; un altro è poterla interrogare il martedì pomeriggio perché ci è venuta un'idea forse stupida. La ricerca vive anche di questa libertà minuta.

La geografia della disuguaglianza potrebbe così spostarsi dai dipartimenti ai paesi. Alcuni Stati potrebbero permettersi infrastrutture proprie, altri diventare clienti permanenti. Potremmo guadagnare potenza e perdere apertura, soprattutto se entrassero in gioco priorità strategiche o vincoli di riservatezza. Il finanziamento pubblico, da solo, non garantisce affatto una scienza aperta.

Ma qui c'è anche uno scenario decisamente più interessante, che nella discussione di questi giorni sento evocare molto meno. Le stesse risorse pubbliche potrebbero costruire una vera infrastruttura scientifica condivisa: accesso trasparente, collaborazione internazionale, risultati riutilizzabili, spazio per problemi che il mercato non finanzierebbe mai. Se fosse organizzata bene, una macchina costosa potrebbe fare quello che hanno fatto altre grandi infrastrutture: allargare il numero di domande affrontabili invece di restringere la comunità che le pone.

Naturalmente servirebbe finanziare insieme macchine e persone. Ed è qui che torno alla questione che, paradossalmente, mi preoccupa più dell'estinzione della professione: come riconosceremo i giovani sui quali investire, se i risultati con cui si presentano dipenderanno sempre di più anche dalla qualità degli strumenti che hanno avuto a disposizione?

## **10. Il problema reale: riconoscere e reclutare i giovani matematici**

Se devo indicare un problema che vedo davvero difficile, non è stabilire se fra vent'anni esisteranno ancora matematici. È capire come selezioneremo quelli giovani. Valutare un articolo e valutare la persona che lo presenta non sono la stessa cosa. Potremo forse controllare sempre meglio se un risultato è corretto; potrebbe diventare, nello stesso tempo, più difficile capire quanto quel risultato ci dica dell'autonomia scientifica del candidato.

In realtà non è mai stato semplice. In ogni articolo entrano i collaboratori, i maestri, il tempo disponibile, il gruppo in cui si lavora, perfino la fortuna di incontrare il problema giusto. L'intelligenza artificiale aggiunge però un fattore nuovo e potenzialmente molto potente. Chi ha già vent'anni di carriera alle spalle può essere giudicato anche sulla propria storia; un venticinquenne deve convincerci con pochissimi segnali, proprio mentre quei segnali rischiano di diventare più ambigui.

Immaginiamo due candidati. Uno lavora in un gruppo ricco, con accesso a un sistema che esplora centinaia di strategie; l'altro ha mezzi modesti. Il primo presenta un risultato più forte. È il matematico migliore? Forse sì, forse no. Sarebbe assurdo penalizzarlo perché ha saputo usare bene strumenti avanzati; sarebbe altrettanto assurdo fingere che gli strumenti non contino. Il problema è proprio questo: dalle pubblicazioni potremmo non riuscire più a separare abbastanza bene talento, ambiente e potenza di calcolo.

Non credo che la risposta sia cercare il candidato «puro», quello che non ha mai usato una macchina. Sarebbe artificiale e, probabilmente, controproducente. Scegliere un problema, guidare un'esplorazione automatica, capire che una strada è sbagliata, riconoscere un'idea buona in mezzo a cento proposte mediocri sono tutte competenze matematiche. Quello che vorremmo sapere è se il candidato le possiede davvero e sa trasferirle a una situazione nuova.

La formalizzazione aiuta a certificare una prova, non il talento di chi la firma. Può dirci che un argomento segue dalle ipotesi formalizzate; non ci dice chi abbia avuto l'idea, chi abbia

capito dove cercare, chi saprà cambiare problema l'anno dopo. Anche una documentazione molto trasparente degli strumenti usati non trasformerebbe il contributo intellettuale in una quantità misurabile. Non esiste una sottrazione «valore del paper meno valore dei token» che restituisca il valore del matematico.

Qui gli scacchi smettono quasi del tutto di aiutarci. Possiamo organizzare una partita o un esame senza dispositivi; non possiamo comprimere tre anni di ricerca in una stanza sorvegliata. E non sono sicuro che dovremmo volerlo. La rapidità nel risolvere un esercizio davanti a una commissione è una capacità reale, ma non coincide con l'ostinazione, l'intuizione, la cultura e il giudizio che servono per tenere in vita un problema difficile per mesi.

Probabilmente dovremo tornare a guardare più da vicino le persone: discutere i lavori, fare domande non preparate, vedere come reagiscono a una variazione, lavorare insieme quando possibile. Anche incontri con e senza strumenti potrebbero essere informativi, purché non vengano trasformati in un nuovo feticcio valutativo. Nessuna procedura eliminerà l'errore: chi spiega bene una prova non è necessariamente chi l'ha concepita, e chi esita a voce può essere un ricercatore eccellente.

L'Agreement on Reforming Research Assessment del 2022 va già nella direzione di una valutazione più qualitativa, affidata al giudizio dei pari e meno dipendente da indicatori automatici [20]. Mi pare sensato, ma anche molto più costoso in termini di tempo e responsabilità. Inoltre il giudizio qualitativo può favorire reti personali e istituzioni prestigiose. Se vorremo usarlo davvero, dovremo creare occasioni serie anche per chi proviene da ambienti meno visibili.

Anche la selezione, insomma, avrà un costo. Leggere bene pochi lavori, parlare di matematica con i candidati, seguirli nel tempo richiede persone competenti e disponibili. Se aumenterà la quantità di risultati prodotti e diminuirà il tempo per valutarli, la tentazione sarà esattamente opposta: usare metriche automatiche e reputazione del gruppo. Sarebbe ironico risparmiare sul giudizio umano proprio nel momento in cui diventa più prezioso.

Non ho una ricetta. Trasparenza, accesso più equo agli strumenti e valutazioni meno meccaniche possono aiutare, ma non cancellano l'incertezza. C'è poi un problema quasi circolare: se diamo più calcolo soltanto ai giovani che hanno già i risultati migliori, potremmo finire per premiare chi aveva già accesso al calcolo migliore. Una qualche uguaglianza di partenza dovrebbe precedere, almeno in parte, la selezione.

Questo, però, è un problema da disciplina viva, non da disciplina morta. Se davvero pensassimo che fra pochi anni i matematici non serviranno più, non avrebbe senso preoccuparsi tanto di come riconoscere quelli bravi. Io non so quale sarà la soluzione. So che smettere oggi di formarli perché temiamo che domani possano essere inutili mi sembrerebbe la scelta più rischiosa di tutte.

## **11. Conclusioni: il futuro della professione**

Non so se l'avidità salverà davvero la matematica, o i matematici. Il punto interrogativo del titolo è lì apposta. L'idea che ho provato a discutere è molto meno solenne: se il calcolo più potente resta costoso e chi lo controlla vuole ricavarne un profitto, l'automazione totale potrebbe risultare economicamente meno conveniente di quanto suggerisca la sua possibilità tecnica. Potrebbe essere così. Potrebbe anche non esserlo.

Molto dipenderà dai costi relativi, che oggi non siamo in grado di prevedere. Per alcuni compiti una macchina sarà quasi certamente la scelta migliore; per altri potrebbe esserlo una persona; per moltissimi, sospetto, sarà più efficiente farli lavorare insieme. Una buona idea umana può risparmiarne milioni di tentativi, ma una macchina può trovare l'idea che a noi non veniva. Non vedo motivo per trasformare questa complementarità possibile in una guerra metafisica fra intelligenza umana e artificiale.

Quello che mi convince meno, nelle reazioni di questi giorni, è la velocità con cui un risultato straordinario viene trasformato in una profezia universale. È una tentazione ricorrente: appena una tecnologia supera una soglia, immaginiamo immediatamente il caso limite e lo trattiamo come il futuro inevitabile. Forse questa volta i pessimisti avranno ragione; sarebbe arrogante escluderlo. Ma oggi mi pare che sappiamo troppo poco sui costi, sull'accesso, sugli incentivi e sulle istituzioni per considerare il necrologio della matematica una conclusione scientifica anziché una reazione emotiva.

Neppure l'intervento dei governi mi sembra, di per sé, una prospettiva cupa. Potrebbe produrre controllo, burocrazia e nuove disuguaglianze; potrebbe anche mettere a disposizione di molti strumenti che nessun dipartimento riuscirebbe a comprare da solo. La differenza la faranno le regole di accesso e la scelta di finanziare insieme infrastrutture e persone. Non vorrei che la difesa dei matematici si riducesse alla speranza che le macchine rimangano costose. Sarebbe una difesa piuttosto triste.

La possibilità che trovo più interessante è quasi l'opposto della catastrofe: una matematica in cui riusciamo finalmente ad affrontare problemi che oggi non tocchiamo perché richiedono troppo tempo, troppi calcoli o troppe verifiche. Una grande campagna automatizzata potrebbe aprire una porta; poi potrebbero arrivare dimostrazioni più semplici, generalizzazioni, controesempi, nuove teorie. La storia di un teorema non finisce nel momento in cui compare la prima prova. Spesso, per noi matematici, comincia proprio lì.

Non sono nemmeno convinto che più risultati significhino meno lavoro interessante. Potrebbe significare il contrario. Ogni nuova classe di esempi, ogni tecnica nuova, ogni congettura risolta sposta il confine e fa emergere altre domande. Certo, alcune attività diventeranno inutili e alcune competenze perderanno valore. È già successo molte volte con il calcolo simbolico, il calcolo numerico, i database, i computer. Questa volta la scala può essere diversa, forse enormemente diversa; ma la conclusione «allora non resterà nulla da capire» continua a sembrarmi molto più forte delle premesse.

L'avidità, se avrà davvero un ruolo salvifico, lo avrà in un senso abbastanza ironico: ci ricorderà che l'intelligenza artificiale non è magia e non è gratuita. Ma preferisco un ottimismo meno dipendente dai listini. Strumenti più potenti potrebbero rendere più feconde le persone che sanno porre buone domande, distinguere un'idea da un abbaglio e costruire una teoria intorno a un risultato. Se sarà così, investire in matematici non sarà un atto nostalgico; sarà un modo ragionevole di usare meglio le macchine.

Nel frattempo abbiamo una fortuna che forse tra qualche anno guarderemo con stupore: per una cifra personale relativamente modesta possiamo sperimentare con sistemi di grande potenza. Non sappiamo quanto durerà questa fase. Può darsi che i prezzi scendano e l'accesso si allarghi; può darsi che accada il contrario. In entrambi i casi, mi sembra sensato sfruttare il presente. Non per produrre più testo o più token, ma per imparare, verificare, tentare cose che

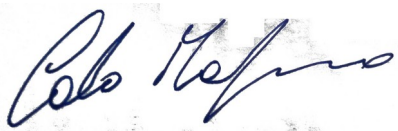
prima non avremmo tentato e lasciare dietro di noi qualcosa che non scada insieme all'abbonamento.

La mia preoccupazione più seria, alla fine, resta il reclutamento. Se i risultati diventeranno più facili da produrre e più difficili da attribuire, come riconosceremo un giovane matematico davvero forte? Come distingueremo il talento dall'accesso a strumenti migliori, senza penalizzare proprio chi sa usarli bene? Non vedo una soluzione semplice. E forse questa è la parte meno consolante di tutto il discorso.

Ma anche qui scelgo, con qualche esitazione, una lettura ottimistica. Se il problema decisivo sarà riconoscere e formare i giovani migliori, vorrà dire che avremo ancora bisogno di loro. Forse saranno meno numerosi, forse faranno un mestiere diverso, forse lavoreranno ogni giorno con strumenti che oggi ci sembrano eccezionali. Non lo so. Quello che mi sembra prematuro è confondere una trasformazione enorme con una fine. Dopo Navier–Stokes abbiamo ottime ragioni per essere impressionati, prudenti e persino inquieti. Non vedo ancora buone ragioni per essere in lutto.

*23 settembre 2026*

Carlo Mantegazza

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'Carlo Mantegazza', written in a cursive style.

## Riferimenti bibliografici

Fonti online consultate il 13 settembre 2026.

- [1] OpenAI. *On the Navier–Stokes Millennium Prize Problem*. 8 settembre 2026; aggiornamento del 10 settembre 2026.
- [2] Clay Mathematics Institute. *Navier–Stokes Announcement*. 11 settembre 2026.
- [3] Fefferman, C. L. *Existence and Smoothness of the Navier–Stokes Equation*. Descrizione ufficiale del problema del Millennio, Clay Mathematics Institute.
- [4] Acemoglu, D., Restrepo, P. *Automation and New Tasks: How Technology Displaces and Reinstates Labor*. *Journal of Economic Perspectives* 33 (2), 2019, pp. 3–30. DOI: 10.1257/jep.33.2.3.
- [5] OpenAI. *Pricing*. Documentazione OpenAI API, listino consultato il 13 settembre 2026.
- [6] Arrow, K. J. *Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention*. In *The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors*, Princeton University Press, 1962, pp. 609–626.
- [7] Maslej, N. *AI Index 2025: State of AI in 10 Charts*. Stanford Institute for Human-Centered Artificial Intelligence, 7 aprile 2025.
- [8] Anthropic. *How we built our multi-agent research system*. 13 giugno 2025.
- [9] Anthropic. *Pricing*. Claude Platform Docs, listino consultato il 13 settembre 2026.
- [10] International Energy Agency. *Energy and AI*. IEA, 2025, sintesi esecutiva.
- [11] CERN. *CERN releases report on the feasibility of a possible Future Circular Collider*. 31 marzo 2025.
- [12] IBM. *Deep Blue*. IBM History.
- [13] Hassabis, D., Silver, D. *AlphaGo's next move*. Google DeepMind, 27 maggio 2017.
- [14] Silver, D., Hubert, T., Schrittwieser, J., Hassabis, D. *AlphaZero: Shedding new light on chess, shogi, and Go*. Google DeepMind, 6 dicembre 2018.
- [15] FIDE. *Google announced as Title Sponsor of World Chess Championship 2024*. 12 settembre 2024.
- [16] FIDE. *FIDE Laws of Chess taking effect from 1 January 2023*. Artt. 11.2, 11.3 e 12.
- [17] Stockfish. *Stockfish: Strong open-source chess engine*. Sito ufficiale del progetto.
- [18] Commissione europea. *AI Continent Action Plan*. 2025, scheda istituzionale aggiornata il 7 maggio 2025.
- [19] U.S. Department of Energy. *Energy Department Launches ‘Genesis Mission’ to Transform American Science and Innovation Through the AI Computing Revolution*. 24 novembre 2025.
- [20] *Agreement on Reforming Research Assessment*. 20 luglio 2022. Coalition for Advancing Research Assessment (CoARA).
- [21] OpenAI. *About ChatGPT Pro tiers*. OpenAI Help Center, piani individuali e limiti di utilizzo.
- [22] Anthropic. *What is the Max plan?* Claude Help Center, 7 agosto 2026.
- [23] Anthropic. *Model deprecations*. Claude Platform Docs, ciclo di vita e ritiro dei modelli.