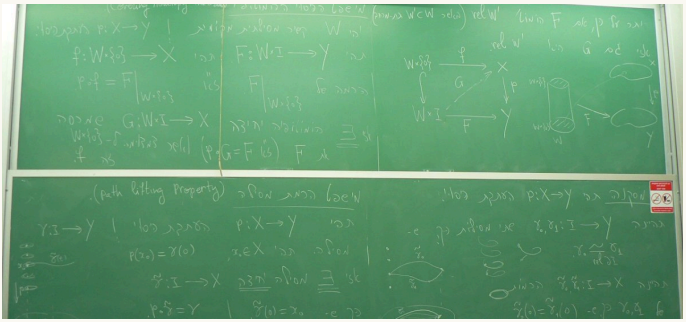
DOSSIER | INTELLIGENZA ARTIFICIALE

Riemann, Navier–Stokes e le altre: che cosa ha dimostrato davvero l'intelligenza artificiale

DI ALEX TRIZIO · 26 NOVEMBRE 2026 · LETTURA 16 MINUTI



Una lavagna di un dipartimento di matematica: per secoli le dimostrazioni sono nate così. FOTO: MATHKNIGHT VIA WIKIMEDIA COMMONS

In meno di tre mesi le aziende di intelligenza artificiale hanno rivendicato soluzioni a problemi aperti da decenni. Tra questi ci sono due dei sette problemi del Millennio. Alcune dimostrazioni sono state certificate al computer, altre aspettano ancora un lettore umano. Questo dossier mette in fila i risultati e separa quelli verificati da quelli soltanto annunciati. E spiega perché la crittografia che protegge banche e comunicazioni, per ora, regge.

IN SINTESI

1. Nel 2026 i modelli di OpenAI, Anthropic e Google hanno risolto o confutato decine di congetture aperte, alcune vecchie di ottant'anni.
2. Due problemi del Millennio hanno una soluzione rivendicata: Navier–Stokes, con una forza esterna, e Riemann, certificata in Lean ma non ancora compresa.
3. Nella teoria della complessità è caduta l'ipotesi del tempo esponenziale. OpenAI rivendica anche i giochi unici e il nono problema di Smale.
4. La crittografia in uso regge: l'unico schema caduto è HAWK, un candidato che nessuno usava.
5. La comunità matematica si divide tra entusiasmo e rifiuto. Il Clay Institute non ha ancora assegnato premi.

I CAPITOLI

I	Dalle olimpiadi ai problemi aperti
II	Il 2026, l'anno delle congetture cadute
III	Navier–Stokes, il primo milione e la prima lite
IV	Riemann, diciassette milioni di righe che nessuno ha letto
V	Yang–Mills, Hodge e Birch–Swinnerton-Dyer: le mezze vittorie
VI	La complessità computazionale riscritta
VII	La crittografia regge, per ora
VIII	Lean, il notaio delle macchine
IX	Chi capisce le dimostrazioni
—	Bibliografia e fonti

CAPITOLO I

Dalle olimpiadi ai problemi aperti



Server in un centro di calcolo: è qui che girano i modelli che oggi dimostrano teoremi. FOTO: BALTICSERVERS VIA WIKIMEDIA COMMONS

Per anni l'intelligenza artificiale in matematica è stata una promessa misurata su esercizi. I modelli linguistici sbagliavano i conti, inventavano passaggi, confondevano le ipotesi. I progressi veri arrivavano da sistemi specializzati, costruiti per un solo compito.

Nel dicembre 2023 Google DeepMind presentò FunSearch. Il sistema univa un modello linguistico a un valutatore automatico e trovava costruzioni nuove in combinatoria. Era un metodo di ricerca guidata, non ancora un dimostratore.

Nel luglio 2024 AlphaProof e AlphaGeometry, sempre di DeepMind, ottennero un punteggio da medaglia d'argento alle Olimpiadi internazionali di matematica. Lavoravano in linguaggio formale: i problemi venivano tradotti in Lean, un linguaggio che il computer controlla riga per riga.

Un anno dopo arrivò il salto. Alle Olimpiadi del luglio 2025, in Australia, due modelli raggiunsero la medaglia d'oro. Erano una versione avanzata di Gemini Deep Think e un modello sperimentale di OpenAI. Gemini risolse cinque problemi su sei, con 35 punti su 42. Scrisse le soluzioni in linguaggio naturale, nel tempo di gara di quattro ore e mezza.

Il primo record battuto da una macchina

Nel maggio 2025 arrivò il primo risultato di ricerca vera e propria. AlphaEvolve è un agente di DeepMind che fa evolvere il codice per tentativi. Trovò un modo per moltiplicare due matrici 4x4 a valori complessi con 48 moltiplicazioni. L'algoritmo di Volker Strassen, del 1969, ne richiedeva 49.

Il guadagno era minimo, una sola moltiplicazione. Ma era il primo miglioramento in 56 anni, e lo aveva trovato una macchina.

Le gare, però, hanno sempre una soluzione nota. La ricerca no. Per due anni la domanda è rimasta la stessa. Un modello può dimostrare ciò che nessun essere umano sa ancora dimostrare?

I NUMERI DEL DOSSIER

10.000

Gli agenti di OpenAI al lavoro insieme sulla prova di Navier–Stokes, per 88 ore.

17 milioni

Le righe di codice Lean della dimostrazione di Riemann annunciata da Levent Alpöge.

722

Gli articoli matematici pubblicati in blocco da OpenAI a ottobre, su 377 argomenti.

1.008

I membri della Association for Human Mathematics, nata in reazione.

CAPITOLO II

Il 2026, l’anno delle congetture cadute

La risposta è arrivata nel 2026, e non da un solo laboratorio. A febbraio un modello Gemini ha passato in rassegna circa 700 problemi lasciati aperti da Paul Erdős. Ne ha dimostrati quattro e ha scoperto che altri nove erano già stati risolti in articoli poco noti.

Il 20 maggio OpenAI ha annunciato una confutazione ottenuta da un suo modello interno. Riguardava la congettura di Erdős sulle distanze unitarie, posta nel 1946. La domanda è semplice. Quante coppie di punti a distanza esattamente uno si possono avere tra n punti di un piano? Per ottant’anni si era creduto che le griglie quadrate fossero quasi ottimali. Il modello ha costruito una famiglia infinita di configurazioni che fa meglio.

Il dettaglio che ha colpito i matematici è un altro. Il risultato non veniva da un sistema addestrato per la matematica, ma da un modello di ragionamento generale. Un gruppo di matematici esterni ha controllato la dimostrazione prima dell’annuncio.

«Una pietra miliare nella matematica dell’intelligenza artificiale»

TIM GOWERS, MEDAGLIA FIELDS, SULLA CONFUTAZIONE DELLA CONGETTURA DI ERDŐS, MAGGIO 2026

L’estate dei controesempi

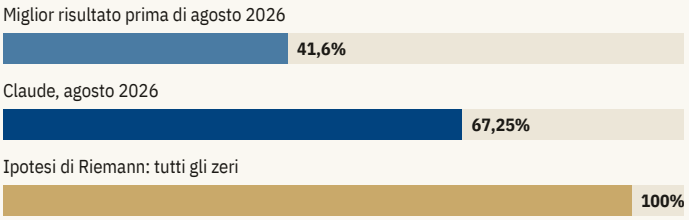
Da lì il ritmo è cambiato. A luglio un modello di OpenAI ha dimostrato la congettura di Crouzeix sulle matrici. Lo stesso Michel Crouzeix e altri due specialisti l’hanno ritenuta corretta. Ad agosto è stata dimostrata la congettura di Sendov sui polinomi, con l’aiuto di un altro modello OpenAI. Terence Tao ne ha semplificato e formalizzato la prova.

Sempre a luglio Claude, il modello di Anthropic, ha lavorato con Levent Alpöge e Akhil Mathew. Insieme hanno trovato un controesempio esplicito alla congettura jacobiana in dimensione tre. Più matematici indipendenti lo hanno verificato.

Il 10 agosto Anthropic ha raccontato un esperimento quasi provocatorio. Un dipendente senza formazione matematica, Jarred Sumner, aveva chiesto a una versione non rilasciata di Claude di «provarci davvero» con l’ipotesi di Riemann. Il modello ha lavorato da solo per circa un giorno e mezzo. Non ha dimostrato l’ipotesi, ma ha migliorato un risultato fermo da anni. La quota di zeri della funzione zeta sulla retta critica è salita dal 41,6% al 67,25%. Due esperti esterni, Brian Conrey e Dan Goldston, hanno esaminato il lavoro.

GLI ZERI DELLA FUNZIONE ZETA SULLA RETTA CRITICA

Quota minima dimostrata degli zeri che rispettano l'ipotesi di Riemann.



Fonte: Anthropic, con la revisione di Brian Conrey e Dan Goldston.

A settembre Claude ha completato in circa undici giorni la prima dimostrazione dell'ultimo teorema di Fermat interamente controllata al computer. All'inizio di ottobre OpenAI ha pubblicato in blocco 722 articoli su 377 argomenti, prodotti da un modello interno. Circa il 42% aveva una formalizzazione in Lean; tre sono stati ritirati.

LE TAPPE DELL'INTELLIGENZA ARTIFICIALE IN MATEMATICA

LUGLIO 2024

Argento alle Olimpiadi

AlphaProof e AlphaGeometry di DeepMind ottengono un punteggio da medaglia d'argento.

MAGGIO 2025

Batte Strassen

AlphaEvolve moltiplica matrici 4x4 complesse con 48 moltiplicazioni invece di 49.

LUGLIO 2025

Oro alle Olimpiadi

Gemini Deep Think e un modello di OpenAI raggiungono la medaglia d'oro.

20 MAGGIO 2026

Cade una congettura di Erdős

Un modello OpenAI confuta la congettura sulle distanze unitarie, posta nel 1946.

28 LUGLIO 2026

HAWK ritirato

Claude Mythos Preview trova un attacco contro un candidato del NIST.

10 AGOSTO 2026

Gli zeri della zeta

Claude porta dal 41,6% al 67,25% la quota di zeri sulla retta critica.

8 SETTEMBRE 2026

Navier–Stokes

OpenAI annuncia l'esplosione in tempo finito, con una forza esterna.

6 OTTOBRE 2026

Quasi-Riemann e giochi unici

OpenAI pubblica centinaia di risultati, tra cui due prove di grande peso.

26 OTTOBRE 2026

Cade l'ipotesi del tempo esponenziale

OpenAI e Anthropic la confutano nello stesso giorno.

10 NOVEMBRE 2026

Yang–Mills

Il comitato di David Gross conferma l'esistenza della teoria pura.

20 NOVEMBRE 2026

Riemann

Levent Alpöge annuncia una prova in Lean, certificata il giorno dopo.

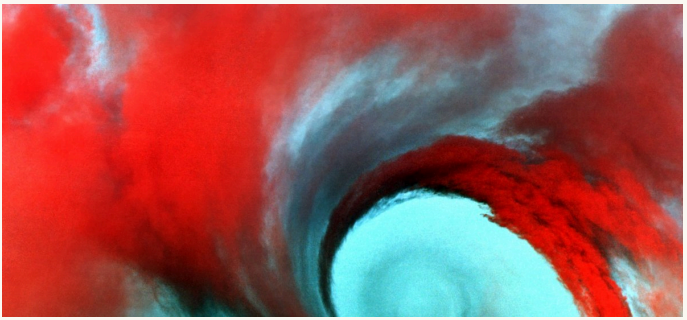
24-25 NOVEMBRE 2026

Matrici e fattorizzazione

OpenAI e Google pubblicano quindici manoscritti in due giorni.

CAPITOLO III

Navier–Stokes, il primo milione e la prima lite



Un vortice reso visibile in un test aerodinamico: la prova di OpenAI su Navier–Stokes descrive un vortice che si avvita e si allunga. FOTO: NASA LANGLEY VIA WIKIMEDIA COMMONS

Le equazioni di Navier–Stokes descrivono il moto dei fluidi. Si usano per progettare ali, prevedere il tempo, studiare il flusso del sangue. Nel 1934 Jean Leray dimostrò che hanno soluzioni in un senso debole. Restava aperta la domanda centrale. Un fluido che parte in modo regolare può arrivare, in tempo finito, a una velocità infinita in un punto?

Nel 2000 il Clay Mathematics Institute l'ha inserita tra i sette problemi del Millennio. Il premio è di un milione di dollari.

L'8 settembre 2026 OpenAI ha pubblicato una risposta: sì, la singolarità può formarsi. La prova viene da un modello interno più potente di GPT-6 Astra. Circa 10.000 agenti hanno lavorato in parallelo. Il risultato è arrivato il 5 settembre, 88 ore dopo l'avvio. La formalizzazione in Lean ha richiesto altre 17 ore.

La costruzione descrive un vortice che si avvita verso l'interno e si allunga come uno spaghetto. La zona centrale si restringe e accelera, ma l'energia totale resta finita.

La forza esterna e il premio

C'è una condizione importante. Il fluido della costruzione è spinto da una forza esterna regolare. La formulazione ufficiale del problema, scritta da Charles Fefferman, ammette questo caso. La maggior parte dei matematici, però, intende il problema senza forze esterne, e su quella versione non esistono prove pubbliche.

OpenAI ha dichiarato che non chiederà il premio. L'11 settembre il Clay Institute ha scritto che il problema «sembra essere stato risolto». Ha aggiunto che la sua valutazione sarà volutamente senza fretta. Oggi lo classifica come problema «attivo», né aperto né chiuso.

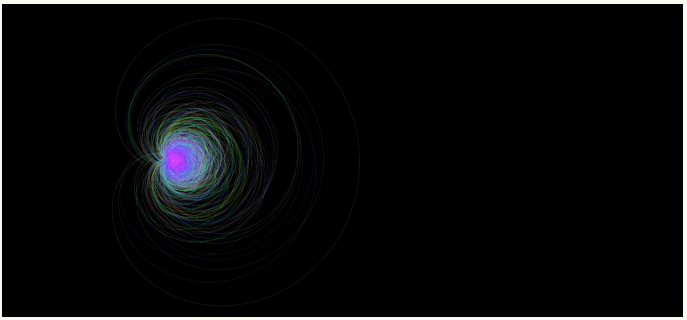
La disputa sulla priorità

Il giorno prima dell'annuncio, Tristan Buckmaster della New York University ha diffuso una dichiarazione. Con Levent Alpöge, matematico di Anthropic, aveva ottenuto tre risultati di esplosione in tempo finito con forza regolare. Riguardano i mezzi porosi, le equazioni di Boussinesq e quelle di Eulero in tre dimensioni.

I due avevano sviluppato un programma ideato dagli spagnoli Diego Córdoba e Luis Martínez-Zoroa, aiutati da diversi modelli linguistici. Secondo Buckmaster, notizie sul loro lavoro erano arrivate a OpenAI prima che l'azienda avviasse gli agenti. OpenAI respinge l'accusa e dice di aver offerto un annuncio congiunto che riconoscesse la loro priorità.

CAPITOLO IV

Riemann, diciassette milioni di righe che nessuno ha letto



Una visualizzazione della funzione zeta di Riemann, al centro dell'ipotesi formulata nel 1859. GRAFICA: MULLIGANACEOUS VIA WIKIMEDIA COMMONS

L'ipotesi di Riemann risale al 1859. Riguarda gli zeri di una funzione, la zeta, che codifica la distribuzione dei numeri primi. L'ipotesi dice che tutti gli zeri non banali stanno su una sola retta verticale. È quella con parte reale uguale a un mezzo. Se è vera, gli scostamenti dei primi dalla loro distribuzione media restano sotto controllo.

Molti matematici la considerano il problema aperto più importante della disciplina. David Hilbert la inserì nella sua lista del 1900, il Clay Institute nei problemi del Millennio.

I passi di avvicinamento

Prima della prova completa ci sono stati due passi. Ad agosto il risultato di Claude sulla quota di zeri sulla retta critica, già ricordato.

Il 6 ottobre OpenAI ha annunciato una dimostrazione della cosiddetta ipotesi di quasi-Riemann, una versione più debole. A differenza di altre prove generate da macchine, questa è stata smontata e spiegata da esperti umani. Jared Duker Lichtman, di Stanford, l'ha definita il risultato più importante dell'intelligenza artificiale in matematica fino a quel momento. Tra le conseguenze, esclude l'esistenza dei cosiddetti zeri di Landau-Siegel.

«Il risultato più importante dell'intelligenza artificiale in matematica finora, di gran lunga»

JARED DUKER LICHTMAN, STANFORD, SULL'IPOTESI DI QUASI-RIEMANN, OTTOBRE 2026

L'annuncio del 20 novembre

Il 20 novembre Levent Alpöge ha pubblicato sul suo sito una nota di quattro pagine. «Credo di aver scoperto, lavorando con Claude, una dimostrazione dell'ipotesi di Riemann», ha scritto.

Insieme alla nota ha rilasciato una libreria in Lean di circa 17 milioni di righe. Secondo l'annuncio, la prova copre anche l'ipotesi di Riemann generalizzata, estesa alle funzioni L di Dirichlet.

Il giorno dopo il Lean FRO e la Mathlib Initiative hanno certificato enunciato e dimostrazione. Sono le organizzazioni che curano Lean e la sua biblioteca matematica. Hanno scritto di avere piena fiducia nella correttezza della prova. L'enunciato usa una definizione dell'ipotesi già presente in Mathlib e già vagliata. Questo riduce il rischio di aver dimostrato la cosa sbagliata.

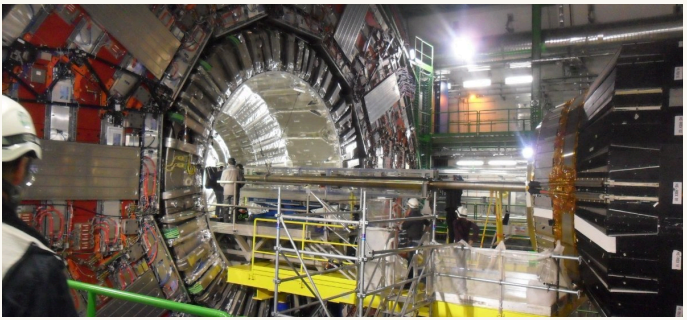
Una prova corretta che nessuno capisce

Il problema è un altro. Nessun matematico, compreso Alpöge, ha letto e compreso per intero la dimostrazione. Non esiste ancora un resoconto leggibile da un essere umano. Maksym Radziwiłł ha sottolineato proprio questa mancanza di comprensione. La cifra di 250.000 pagine di spiegazione circolata online era, ha chiarito Alpöge, una battuta.

Lo stesso giorno Ravi Vakil, matematico di Stanford, ha diffuso in fretta un preprint concorrente. È una dimostrazione «tutta umana, senza intelligenza artificiale», attribuita al giovane Alessandro Masullo. Quella prova non risulta ancora verificata, e diversi matematici l'hanno accolta con scetticismo.

CAPITOLO V

Yang–Mills, Hodge e Birch–Swinnerton-Dyer: le mezze vittorie



Il rivelatore CMS del CERN: la teoria di Yang–Mills descrive le forze che vi si studiano. FOTO: VINEET MENON VIA WIKIMEDIA COMMONS

Il problema di Yang–Mills chiede due cose. La prima è dimostrare che la teoria quantistica dei campi che descrive le forze nucleari esiste in forma matematicamente rigorosa. La seconda è dimostrare che ha un «gap di massa». Significa che anche le sue particelle più leggere hanno una massa positiva.

Il 26 ottobre OpenAI ha annunciato di aver dimostrato la prima metà per la teoria «pura», quella dei soli gluoni. La prova in linguaggio naturale risale al 9 settembre; la formalizzazione in Lean al 16 ottobre.

L'azienda l'ha affidata a un gruppo esterno guidato dal premio Nobel per la fisica David Gross. Ne fanno parte Michael Douglas, Arthur Jaffe, Igor Klebanov e Nikita Nekrasov. Il 10 novembre il gruppo ha pubblicato il codice e una valuta-

zione. Conferma l'esistenza della teoria pura in quattro dimensioni. Il gap di massa, cioè la parte che vale il premio, resta aperto.

I risultati parziali

Sulla congettura di Hodge e su quella di Birch e Swinnerton-Dyer le aziende hanno pubblicato solo risultati parziali. Per Birch e Swinnerton-Dyer, OpenAI ha trattato a ottobre una classe particolare di curve ellittiche. Ad agosto Claude, con Alpöge e Ava Howell, aveva trovato curve ellittiche di rango almeno 30 e 31. È un record legato solo indirettamente alla congettura.

Su P contro NP, il più famoso problema dell'informatica teorica, non risultano rivendicazioni di intelligenze artificiali.

CAPITOLO VI

La complessità computazionale riscritta

Se i problemi del Millennio fanno notizia, la rivoluzione più profonda è avvenuta nella teoria della complessità. È la disciplina che studia quanto tempo serve, al minimo, per risolvere un problema.

L'ipotesi del tempo esponenziale

Nel 1999 Russell Impagliazzo e Ramamohan Paturi formularono l'ipotesi del tempo esponenziale. Riguarda un problema logico di base, 3-SAT. Dice che il tempo per risolverlo cresce per forza in modo esponenziale con il numero delle variabili. Su questa ipotesi poggia una vasta letteratura di limiti inferiori.

Il 26 ottobre OpenAI e Anthropic hanno pubblicato, a poche ore di distanza, due dimostrazioni che l'ipotesi è falsa. Entrambe sono controllate in Lean ed entrambe dicono che l'idea chiave è emersa il 16 ottobre. Gli algoritmi raggiungono lo stesso tempo di calcolo e confutano anche la versione forte dell'ipotesi.

Nel 2019 Ryan Williams, del MIT, aveva stimato al 70% la probabilità che l'ipotesi fosse vera. Ora guida con Impagliazzo e Paturi il gruppo che deve esaminare la prova. Il vantaggio pratico, secondo le prime analisi, si vede solo su formule di dimensioni astronomiche.

Unique Games e la corsa contro le macchine

La congettura dei giochi unici, proposta da Subhash Khot nel 2002, fissa i limiti di molti algoritmi di approssimazione. Il 6 ottobre OpenAI ha annunciato di averla dimostrata.

Settimane prima, era bastata la voce di quella prova. Dor Minzer del MIT e due suoi studenti pubblicarono in tre giorni un loro risultato su una variante collegata. Il manoscritto di OpenAI si è rivelato difficile da leggere. Dana Moshkovitz lavora sulla congettura da anni. Per rimettere insieme le affermazioni sparse nell'articolo ha dovuto farsi aiutare da un modello.

«L'articolo è scritto così male che è impossibile leggerlo senza l'aiuto dell'IA»

DANA MOSHKOVITZ, SULLA PROVA DI OPENAI DEI GIOCHI UNICI, OTTOBRE 2026

Nove manoscritti in un giorno

Il 24 novembre OpenAI ha aggiunto nove manoscritti alla sua raccolta pubblica. Uno sostiene che l'esponente della moltiplicazione di matrici, il numero che misura quanto la si può accelerare, valga esattamente 9/4. Il miglior limite noto era poco sotto 2,372.

Un altro presenta un algoritmo fortemente polinomiale per la programmazione lineare. È il nono dei problemi posti da Steve Smale nel 1998. La verifica in Lean copre però solo il caso con dati razionali. Altri due manoscritti confermano e generalizzano la separazione tra le classi algebriche VP e VNP, annunciata il giorno prima.

Per nessuno di questi lavori risultano ancora valutazioni esterne. La stessa OpenAI li presenta come materiale grezzo di ricerca.

CAPITOLO VII

La crittografia regge, per ora



Una macchina Enigma: la crittografia di oggi poggia su problemi matematici ritenuti difficili. FOTO: RAMA VIA WIKIMEDIA COMMONS

La sicurezza informatica si fonda su problemi ritenuti difficili ma mai dimostrati tali. Scomporre un grande numero nei suoi fattori primi protegge RSA. Il logaritmo discreto sulle curve ellittiche protegge buona parte delle firme digitali e delle blockchain. AES e SHA-256 cifrano e firmano quasi tutto il traffico di internet.

Su nessuno di questi fronti l'intelligenza artificiale ha prodotto un attacco pratico.

La fattorizzazione di Google

Il 25 novembre Google ha pubblicato sei articoli scritti da Cogentic, un sistema a più agenti basato su Gemini 4. Il principale presenta un algoritmo di fattorizzazione deterministico e subesponenziale, con una dimostrazione completa e senza ipotesi non provate.

È un risultato teorico. Il metodo più usato oggi è il crivello dei campi di numeri. Ha la stessa forma di complessità, ma una costante di circa 1,9. Quella dell'algoritmo di Google è 105, quindi è molto più lento. La novità è che ora la velocità è dimostrata, non solo osservata. Gli articoli non sono ancora passati da una revisione tra pari.

HAWK, la prima serratura caduta

Il 28 luglio Anthropic ha mostrato che il suo modello riservato Claude Mythos Preview aveva trovato un attacco contro HAWK. HAWK era uno schema di firma digitale basato sui reticoli. Era candidato nel processo del NIST per le firme resistenti ai computer quantistici.

Il modello lavorava in un ambiente isolato, con Python, Sage e la letteratura scientifica. Ha individuato una simmetria nascosta nella struttura che regge la sicurezza dello schema. Gli autori hanno ritirato HAWK nel giro di pochi giorni.

L'attacco è specifico di HAWK e non si estende agli standard già approvati, come ML-KEM e ML-DSA. Ad agosto, anzi, un modello OpenAI ha rafforzato le basi teoriche dei reticoli. Ha dimostrato la NP-durezza di una versione approssimata del problema del vettore più vicino.

Cosa significa per chi protegge i dati

Le aziende che stanno migrando verso la crittografia post-quantistica non hanno motivo di fermarsi. Il caso HAWK insegna però una cosa. Gli schemi meno studiati sono i più esposti a un esame automatico, rapido e instancabile. La capacità di cambiare algoritmo in fretta diventa un requisito.

CAPITOLO VIII

Lean, il notaio delle macchine

Quasi ogni risultato di questo dossier passa da Lean. È un linguaggio di programmazione in cui una dimostrazione si scrive come codice. Se il programma viene accettato, ogni passaggio logico è corretto. Mathlib è la sua biblioteca condivisa di definizioni e teoremi.

Per i laboratori Lean è diventato il modo di rendere credibili le proprie rivendicazioni senza aspettare anni di revisione umana. Per i matematici è un notaio affidabile, ma con due limiti precisi.

Il primo limite: l'enunciato

Lean garantisce che la dimostrazione dimostri l'enunciato scritto nel codice. Non garantisce che quell'enunciato coincida con il problema che si voleva risolvere. Tradurre una congettura in Lean richiede esperti umani che leggano il codice riga per riga.

Il secondo limite: il notaio può sbagliare

Il 25 luglio un esperto di verifica formale, Ramana Kumar, ha pubblicato una presunta confutazione della congettura di Collatz. L'aveva ottenuta con l'aiuto dell'intelligenza artificiale. Lean l'aveva accettata. Pochi giorni dopo si è scoperto che la prova sfruttava un difetto nel nucleo stesso di Lean. Gli sviluppatori lo hanno poi corretto.

Su Collatz resta in campo una rivendicazione più modesta e ancora da verificare. Dice che una quota positiva dei numeri torna a 1.

La formalizzazione della matematica umana

Lean serve anche a certificare risultati umani già noti. Nel 2026, con un ampio uso di modelli, sono state formalizzate diverse prove celebri. Tra queste l'impacchettamento delle sfere di Maryna Viazovska e l'ultimo teorema di Fermat. Il 10 novembre è toccato alla prova di Harald Helfgott della congettura debole di Goldbach. La congettura forte di Goldbach, invece, resta aperta. Lo stesso vale per i primi gemelli. OpenAI dichiara infiniti primi a distanza al massimo 186, contro il precedente 246, ma il risultato non è verificato.

COSA SAPPIAMO

- La prova di Riemann di Alpöge supera i controlli di Lean ed è certificata dal Lean FRO e dalla Mathlib Initiative.
- OpenAI ha mostrato che Navier–Stokes può esplodere in tempo finito se una forza esterna regolare spinge il fluido.
- Il comitato di David Gross ha confermato l'esistenza della teoria di Yang–Mills pura.
- Nessun attacco pratico colpisce RSA, curve ellittiche, AES o SHA-256.

COSA RESTA DA VERIFICARE

- Un resoconto leggibile della prova di Riemann e la decisione del Clay Institute sul premio.
- Navier–Stokes senza forza esterna, la versione che la maggior parte dei matematici intende.
- L'esponente 9/4 della moltiplicazione di matrici e il nono problema di Smale.
- La confutazione dell'ipotesi del tempo esponenziale, all'esame di Impagliazzo, Paturi e Williams.
- La dimostrazione umana di Riemann attribuita ad Alessandro Masullo.

CAPITOLO IX

Chi capisce le dimostrazioni



La medaglia Fields: venticinque vincitori hanno firmato contro la «produzione di massa» di dimostrazioni. FOTO: STEFAN ZACHOW / IMU VIA WIKIMEDIA COMMONS

Una dimostrazione, per i matematici, non serve solo a stabilire che qualcosa è vero. Serve a capire perché. È qui che le prove delle macchine creano più disagio.

Molte sono scritte male, saltano i passaggi intuitivi, accumulano lemmi senza spiegarne il ruolo. Henry Yuen, della Columbia University, ha studiato per anni un problema di informatica quantistica. Poi lo ha risolto un modello di OpenAI. Ritiene la prova probabilmente corretta, ma priva delle spiegazioni che permettono di coglierne le idee. Terence Tao ha avvertito che le prove presentate come «scatole nere» rischiano di danneggiare la disciplina.

La reazione della comunità

La comunità si è divisa. La Association for Human Mathematics, nata nel 2026, conta 1.008 membri. Tutti si impegnano a non lavorare per le aziende commerciali di intelli-

genza artificiale. In 654 hanno promesso di non usare modelli nella propria ricerca.

L'associazione ha accusato OpenAI di disprezzare le norme della ricerca scientifica. Dopo l'annuncio su Riemann ha scritto che nessun essere umano può dirsi responsabile di quella prova. Venticinque vincitori della medaglia Fields hanno firmato una dichiarazione contro la «produzione di massa» di dimostrazioni, che a loro giudizio mette in pericolo la comprensione umana.

Altri la vedono diversamente. Richard Borcherds ha vinto la medaglia Fields nel 1998. Ha detto che l'intelligenza artificiale è ormai più brava di lui nella ricerca e nell'insegnamento. OpenAI ha annunciato fondi per programmi dedicati a capire e spiegare i risultati prodotti dai suoi modelli.

Le domande aperte

Restano questioni che nessuna istituzione ha ancora risolto. Chi è l'autore di una prova prodotta da 10.000 agenti? A chi va un premio da un milione, se chi annuncia la prova non la capisce fino in fondo? E come si scrive la storia della matematica quando la scoperta precede di anni la comprensione?

Per ora la risposta più concreta è nelle mani del Clay Institute. Dovrà decidere sui premi per Navier–Stokes e Riemann. Ha già fatto sapere che non avrà fretta.

- *Il prossimo passaggio è la decisione del Clay Institute su Navier–Stokes e Riemann, insieme alla prima spiegazione leggibile della prova di Alpöge.*

BIBLIOGRAFIA E FONTI

Le fonti consultate per questo dossier, divise per lingua. Ogni voce porta al documento originale.

FONTI IN INGLESE

1 **Google DeepMind** — AlphaEvolve: A Gemini-powered coding agent for designing advanced algorithms (14 maggio 2025). Apri la fonte

2 **arXiv** — AlphaEvolve: A coding agent for scientific and algorithmic discovery (giugno 2025). Apri la fonte

3 **Google DeepMind** — Advanced version of Gemini with Deep Think officially achieves gold-medal standard at the International Mathematical Olympiad (21 luglio 2025). Apri la fonte

4 **OpenAI** — An OpenAI model has disproved a central conjecture in discrete geometry (20 maggio 2026). Apri la fonte

5 **Anthropic** — Learning more about Claude's mathematical capabilities (10 agosto 2026). Apri la fonte

6 **TechCrunch** — An unreleased Anthropic model made progress on one of math's biggest unsolved problems (11 agosto 2026). Apri la fonte

7 **Wikipedia** — List of mathematical discoveries made with artificial intelligence (novembre 2026). Apri la fonte

8 **OpenAI** — On the Navier–Stokes Millennium Prize Problem (8 settembre 2026). Apri la fonte

9 **OpenAI** — Finite time blowup for Navier–Stokes, testo della dimostrazione (settembre 2026). Apri la fonte

10 **Tristan Buckmaster** — Statement, New York University (7 settembre 2026). Apri la fonte

11 **CNN** — OpenAI says it has solved one of math's Millennium Problems (9 settembre 2026). Apri la fonte

12 **TechCrunch** — OpenAI fought dirty on career-making math problem, says NYU mathematician (8 settembre 2026). Apri la fonte

13 **NPR** — AI solved one of math's hardest problems. Humanity learned nothing (so far) (22 settembre 2026). Apri la fonte

14 **Implicator** — Clay Institute won't call Navier-Stokes solved after OpenAI proof claim (settembre 2026). Apri la fonte

15 **Quanta Magazine** — AI proved the quasi-Riemann hypothesis. What happens now? (19 ottobre 2026). Apri la fonte

16 **Nature** — Mathematicians astounded by AI and human-written proofs of iconic Riemann hypothesis (novembre 2026). Apri la fonte

17 **Science** — AI may have solved math's greatest mystery. Can humans understand the answer? (20 novembre 2026). Apri la fonte

18 **Scientific American** — Anthropic mathematician proves Riemann hypothesis, most famous problem in all of math (novembre 2026). Apri la fonte

19 **The Washington Post** — Using AI, mathematician claims to have solved one of math's great mysteries (20 novembre 2026). Apri la fonte

20 **Science News** — Math's holy grail, the Riemann hypothesis, appears solved with AI's help (novembre 2026). Apri la fonte

21 **Smithsonian Magazine** — A.I. cracked the Riemann hypothesis. The proof is 17 million lines long (novembre 2026). Apri la fonte

22 **Interesting Engineering** — 250,000-page Riemann hypothesis proof was a joke, Anthropic mathematician says (novembre 2026). Apri la fonte

23 **Wikipedia** — Alpöge's proof of the Riemann hypothesis (novembre 2026). Apri la fonte

24 **Quanta Magazine** — OpenAI releases three landmark results in math, physics, and computer science (ottobre 2026). Apri la fonte

25 **Wolfram MathWorld** — Millennium Prize Problems (novembre 2026). Apri la fonte

26 **Quanta Magazine** — As AI closed in on Unique Games proof, researchers raced to beat the machines (7 ottobre 2026). Apri la fonte

27 **Implicator** — OpenAI posts 372 math results; mathematicians race to read them (ottobre 2026). Apri la fonte

28 **Let's Data Science** — OpenAI and Anthropic broke a 1999 conjecture. Both found it on October 16 (ottobre 2026). Apri la fonte

29 **OfficeChai** — New OpenAI research says Exponential Time Hypothesis is false (ottobre 2026). Apri la fonte

30 **OpenAI su GitHub** — Strongly polynomial linear programming (24 novembre 2026). Apri la fonte

31 **FourWeekMBA** — OpenAI adds 9 math papers claiming Smale's 9th problem (25 novembre 2026). Apri la fonte

32 **Emergent** — Google Cogentic AI releases 6 math papers in one day (26 novembre 2026). Apri la fonte

33 **QC Ready** — AI cracks a NIST post-quantum signature candidate (17 agosto 2026). Apri la fonte

34 **Gigazine** — AI-assisted falsification of the Collatz conjecture found invalid after exploiting a Lean kernel bug (3 agosto 2026). Apri la fonte

35 **Quanta Magazine** — aggiornamento sulla formalizzazione della matematica (novembre 2026). Apri la fonte

36 **Scientific American** — 25 winners of math's Nobel Prize decry the AI invasion of their discipline (novembre 2026). Apri la fonte

37 **OfficeChai** — Association of Human Mathematicians now has over 600 members that have pledged to not use AI (novembre 2026). Apri la fonte

38 **Phys.org** — AI has solved a host of big math problems: here's why this threatens the whole field of mathematics (23 novembre 2026). Apri la fonte

39 **arXiv** — AI has its own style in mathematical proving (novembre 2026). Apri la fonte

ALEX TRIZIO

Scrive per Alground di geopolitica, cyberwarfare e intelligenza artificiale.