

ITALIA

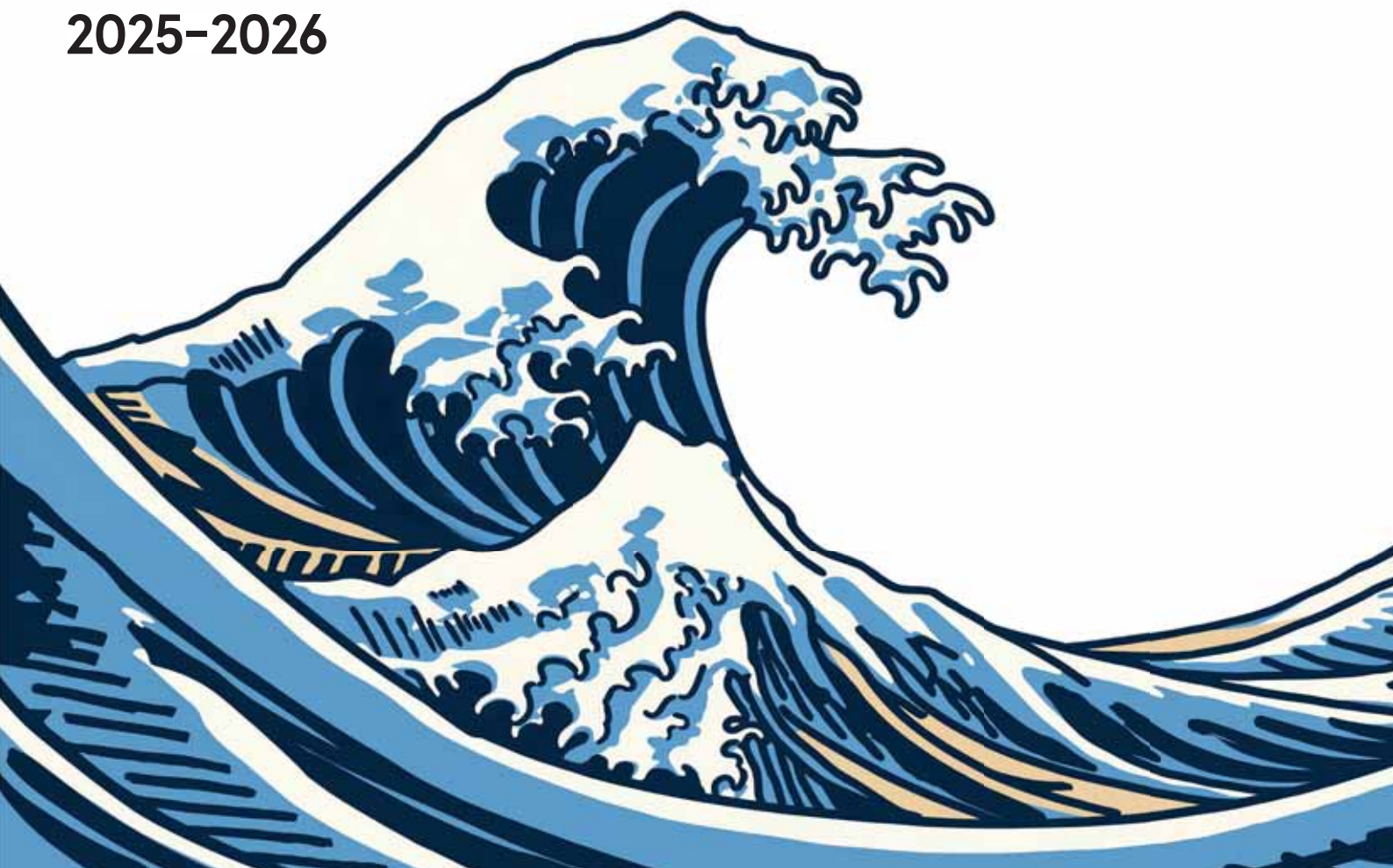


OLTRE IL GRANDE DISORDINE

I compiti dei leader e delle imprese per competere in un mondo diviso

a cura di **Enrico Sassoon**

PROGETTO
MACROTRENDS
2025-2026



Insero redazionale riservato ai lettori di Harvard Business Review Italia, Strategiqs Edizioni, Piazza Borromeo 5, 20123 Milano, Partita Iva 05113160963, Iscrizione al Tribunale di Milano n. 192 del 20.3.2006. Supplemento allegato al n. 12.2025 di Harvard Business Review Italia. Distributore per l'Italia: Direct Channel - Gruppo Mondadori

In collaborazione con



SIEMENS

Quantum computing, tecnologia di frontiera

di Nathan Shammah

In tutto il mondo il settore è in fermento e anche in Italia il potenziale è alto, nonostante l'ecosistema sia in ritardo.

Il campo del quantum computing è in fermento e diverse notizie lo hanno portato all'attenzione dei media. Da un lato le affermazioni scettiche di Jensen Huang, con successivo dietrofront e annuncio, al recente evento annuale di NVIDIA, di uno standard aperto per integrare GPU e quantum computer. Dall'altro, risultati scientifici notevoli, anche se spesso gonfiati dai comunicati stampa, non ultimo un risultato molto tecnico del team di ricerca di Google, pubblicato su *Nature* a ottobre 2025. E poi ancora, il Nobel in fisica del 2025 a tre pionieri del campo.

Diversi traguardi a livello societario, poi, stanno coinvolgendo singole realtà e contribuiscono a sancire l'emersione della *quantum industry* tra i settori tecnologici di frontiera di prima fascia. Ultimi in termini di tempo sono gli annunci di future quotazioni della canadese Xanadu, dell'americana Infleqtion e della singaporiana Horizon Quantum, tutte tramite SPAC che, essendo veicoli finanziari preesistenti, facilitano l'operazione rispetto alle IPO pure.

Sul fronte delle acquisizioni ha colpito come altro segnale di una transizione di fase l'acquisizione, da parte di Google, di Atlantic Quantum, spin-off del MIT, così come l'attivismo improntato dal nuovo CEO Niccolò De Masi da parte dell'americana IonQ, già quotata sul NYSE, nei confronti di diverse start-up, inclusa l'inglese Oxford Ionics. Operazione che ha richiesto l'approvazione formale del governo inglese e alcune salvaguardie (il golden power non è solo materia italiana quando si tratta di tecnologie export control).

In generale, appare sempre più palpabile agli insider il fatto che i fondi dedicati e gli sforzi immessi nella ricerca applicata e nella transizione tecnologica del campo negli ultimi decenni stiano ora producendo una serie di dinamiche economiche nuove, il cui esito ultimo rimane dipendente dalla capacità della tecnologia quantistica di imprimere innovazione nella società e, per le singole società, di rispondere alle esigenze di mercato nei prossimi anni.

RISULTATI TECNOLOGICI RECENTI

Partiamo da una breve analisi d'insieme dei risultati ottenuti sul lato sperimentale e del trasferimento tecnologico. Alcuni dei traguardi fino a pochi anni fa ritenuti ipotetici sono stati raggiunti: si è dischiusa l'era del *fault-tolerant quantum computing*, dove per "tolleranza agli errori" si fa riferimento all'implementazione di algoritmi che effettuano operazioni di controllo sulle istruzioni da eseguire sull'hardware. In un computer quantistico queste correzioni devono essere implementate in modo particolare, per evitare che il cosiddetto "rumore" infici i calcoli in corso. Stiamo entrando nell'era dei *megaquop*, come l'ha definita John Preskill, professore al Caltech di Pasadena e visiting fellow ad AWS, e una delle guide più autorevoli del campo. Per *megaquop* si intende un regime caratterizzato da processori in grado di effettuare milioni (o miliardi, *gigaquop*) di operazioni logiche con errori trascurabili. Se la definizione è molto tecnica, l'essenza è che si è aperto un nuovo scenario dal punto di vista tecnologico, una fase successiva a quella, già coniata con successo dallo stesso Preskill, dell'era NISQ, ovvero del *noisy intermediate-scale quantum computing*, una fase intermedia appunto nella quale i dispositivi erano usciti dai laboratori di ricerca ma rimanevano limitati in potenza, in una fase di coesistenza con il rumore, dovuto al metodo di operazione e ai difetti di fabbrica nei processori.

Se il lavoro per sviluppare macchine dell'era *megaquop* è in corso, non si può dire che l'era NISQ sia veramente terminata: il miglioramento della performance dei computer quantistici è ancora legato alla conoscenza microscopica dei meccanismi fisici delle varie piattaforme e alcuni approcci puntano all'utilizzo di euristiche senza il controllo di errori.

Se agli osservatori che chiedono "Siamo a un momento ChatGPT?" molti esperti rispondono di no, allo stesso modo non si può che osservare come il divario stia aumentando tra gli attori che investono nell'acquisire competenze nel campo quantistico e quelli che di fatto rimangono alla porta. Sono due strategie valide, quando perorate consciamente, ma cominciano a portarsi dietro sempre più considerazioni geo-strategiche e non solo aziendali, date le possibili applicazioni, che vanno dalla ricerca di base alla sicurezza nazionale, fino al mondo industriale. Nel memo recente (di settembre 2025) per l'anno fiscale 2027, l'ufficio per la scienza e la tecnologia della Casa

Bianca ha inserito il *quantum* accanto all'IA tra le tecnologie strategiche da tenere in priorità di finanziamento per mantenere la leadership nazionale.

UNA RIVOLUZIONE DEI CHIP SENZA UNA SILICON VALLEY

Non esiste una Silicon Valley del quantum computing. Questo anche perché non esiste una tecnologia singola, come quella al silicio nell'informatica degli anni '50, che sia ancora riuscita a primeggiare sulle altre. Esistono invece diverse piattaforme tecnologiche, ognuna con i suoi pro e i suoi contro e sacche di expertise dislocate geograficamente.

Le principali tecnologie sono quelle dei chip a superconduttori (scelte da IBM, Google, AWS e start-up come IQM e Alice & Bob), quelle degli ioni (Quantinuum, IonQ), quelle ad atomi neutri (Pasqal, QuEra), gli spin in silicio e altri materiali a stato solido (Intel, Dirac), e poi c'è la fotonica (PsiQuantum, Xanadu, Quandela).

In questa geografia di aziende e Paesi si apprezza come il panorama della transizione tecnologica nel campo del quantum computing sia strettamente connesso al mondo della ricerca: praticamente ogni realtà di questo campo ha origine accademica o da lunga ricerca industriale. Varie Big Tech investono nella ricerca nelle tecnologie quantistiche, con gradi di coinvolgimento variabili da azienda ad azienda – alcuni con colpi di scena, come quello di NVIDIA, altri con costanza, come per IBM, che ha una lunga tradizione di ricerca applicata, non solo in quantistica.

A partire dal 2018 la prima start-up a connettere un processore quantistico (QPU) al cloud è stata Rigetti Computing.

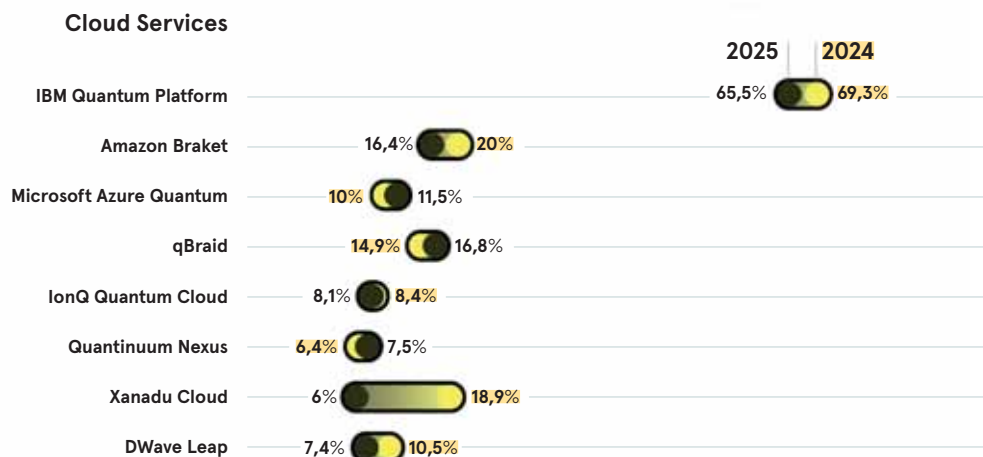
“ Appare sempre più palpabile che i fondi dedicati e gli sforzi immessi nella ricerca applicata e nella transizione tecnologica negli ultimi decenni stiano ora producendo una serie di dinamiche economiche nuove. ”

Ora ci sono diversi player nel “cloud quantistico”, ovvero provider che danno accesso a QPU, con IBM leader da diversi anni di un sistema integrato, ma con l'affacciarsi di altri provider, come AWS che, al momento, dà accesso a computer quantistici di aziende terze (pur avendo una divisione hardware a Caltech).

I COMPUTER QUANTISTICI IN ITALIA

E l'Italia? Il potenziale è alto, anche se l'ecosistema è in ritardo. Per motivi storici, avendo le tecnologie quantistiche una radice nella ricerca accademica, ed essendo l'Italia una scuola di formazione prestigiosa in fisica e in particolar modo nella meccanica quantistica, sono molti gli italiani protagonisti dell'attuale panorama della quantistica. Diversi sono CEO di start-up in quantum computing perfino all'estero, come Sabrina Maniscalco, CEO di Algorithmiq (Finlandia), Niccolò Somaschi, CEO di Quan-

Piattaforme cloud che danno accesso a computer quantistici



Fonte: 2025 Quantum Open Source Software Survey, Unitary Foundation

“Essendo l'Italia una scuola di formazione prestigiosa in fisica e in particolar modo nella meccanica quantistica, sono molti gli italiani protagonisti dell'attuale panorama della quantistica.”

dela (Francia), Tommaso Demarie, CEO di Entropica Labs (Singapore), per non parlare degli altri CXO e director in realtà istituzionali.

L'Italia della cosiddetta quantum industry paga uno scotto più generalizzato, dovuto ai problemi di ecosistema del Paese, che trovano in alcuni casi un impatto forse anche più vistoso in questo ambito: una tipica tecnologia di frontiera (*deep tech*), quindi per sua natura bisognosa di capitali (*capital intensive*) e tempi lunghi per la maturazione della tecnologia. Alcuni elementi di reattività, nell'ultimo triennio, ci sono stati, in discontinuità rispetto a un trend statico (fatto salvo per alcune mosche bianche): il PNRR ha permesso, attraverso lo Spoke 10 dedicato a high performance computing (HPC) e quantum computing, la creazione di progetti di ricerca applicata pubblico-privato. Laddove era prevedibile aspettarsi la partecipazione di attori di primo piano coinvolti nella ricerca applicata in fisica, da Leonardo a Eni, è stato un ottimo segnale vedere coinvolte anche altre realtà, da quelle finanziarie come Banca Intesa San Paolo a PMI a vocazione innovativa.

Nell'ultimo anno il MIMIT, in collaborazione con il MUR, ha promosso un'attività di censimento dell'ecosistema delle tecnologie quantistiche in Italia, in collaborazione con il Politecnico di Milano e l'Osservatorio del Polimi su Quantum Computing & Communication. L'attività di ascolto è stata sistematica (un esempio di *evidence-based policy*) ed è servita a informare il piano di strategia nazionale sul quantum, presentato di recente.

Affiancati all'annuncio mancano però ancora fondi dedicati – se non altro non ancora stanziati con la portata aspettata. Guardando ad altri Paesi per alcuni aspetti comparabili all'Italia, le politiche in supporto delle tecnologie quantistiche coinvolgono finanziamenti dell'ordine di diverse centinaia di milioni, se non di miliardi, di euro.

È importante osservare che l'innovazione in un campo specialistico come questo richiede un approccio appropriato al tema. Il trasferimento tecnologico può avvenire nel dipartimento di grandi aziende, ma la crescita esponenziale è ormai tipica del modello start-up. Queste richiedono diverse condizioni per poter nasce-

re e crescere a un ritmo sostenuto, competitivo con gli altri ecosistemi concorrenti. Un aspetto fondamentale è quello dei finanziamenti, in buona parte costituiti dagli investimenti dei fondi di venture capital.

COME FAVORIRE L'INNOVAZIONE DELLE TECNOLOGIE QUANTISTICHE IN ITALIA

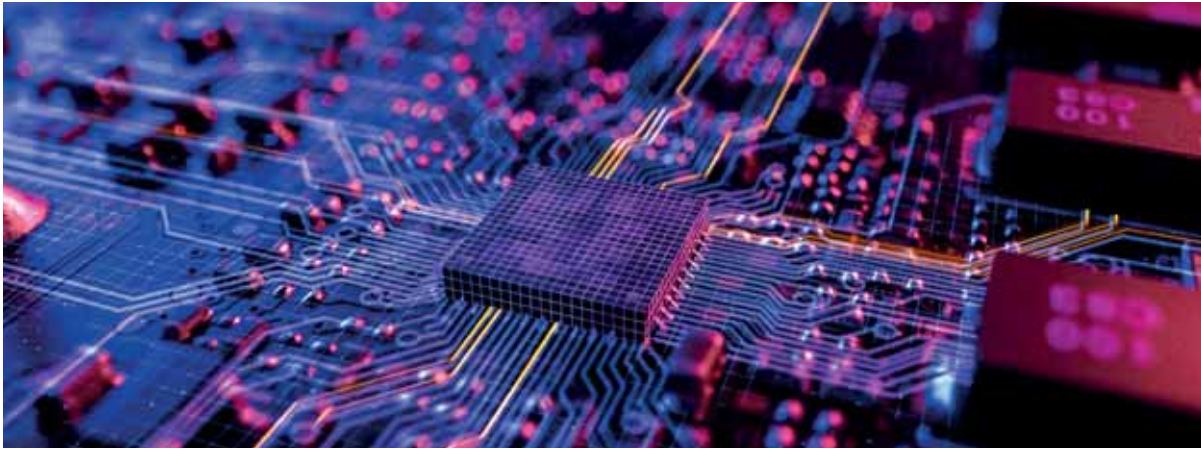
Su questo fronte è un buon segnale l'attenzione dedicata da Cassa Depositi e Prestiti Venture Capital SGR, con la recente creazione del Fondo AI, che ha in dotazione un miliardo se si sommano i fondi diretti a quelli attivabili in concerto con gli altri fondi del gruppo CDP, fondo che considera in target anche le tecnologie quantistiche. Uno dei limiti è il focus su ticket di taglia medio-grande volti a sostenere principalmente la crescita di start-up verso la cosiddetta stazza di scale up (per le quali non c'è una definizione precisa, ma diciamo già avviate verso i 10 milioni di fatturato). Visto che la quasi totalità delle start-up sono fondate da ricercatori, facilitarne la crescita vuol dire in primo luogo favorirne la creazione, con incentivi mirati a sostenere le spin-off accademiche, così come l'attenzione per la diffusione di opportunità di formazione per i ricercatori con intenzioni imprenditoriali, con attività se non organizzate almeno sostenute da enti di ricerca e fondazioni.

In questo senso pare un'ottima notizia la creazione di un polo dell'innovazione intorno alla Fondazione TEF a Milano, così come il coinvolgimento della Fondazione LINKS a Torino, che ha acquisito un computer quantistico dalla finlandese IQM per metterlo a disposizione della comunità scientifica. In secondo luogo, realtà innovative come i venture studio, focalizzati sulla fase iniziale di creazione delle start-up, nel cosiddetto *early stage*, possono avere un impatto prima dei fondi di VC standard. Possono mettere a disposizione competenze non tecniche (lato marketing, amministrazione e legale), così come creare accordi quadro per la fruizione da parte delle start-up di servizi tecnici specialistici presso i laboratori universitari, anche adeguando modalità di erogazione di servizi associate, come l'utilizzo di macchinari “in conto terzi”. In ultimo, l'accesso al capitale senza troppi laccioli e con una valutazione il più possibile flessibile della start-up, che mantenga alti gli incentivi per i co-fondatori, anche in vista di round successivi.

MACROTREND GLOBALI

Allargando l'orizzonte ulteriormente, possiamo individuare alcuni macrotrend da tenere presenti per comprendere al meglio lo scenario futuro delle tecnologie quantistiche, di cui i computer quantistici sono uno dei prodotti.

Il ruolo dei centri di supercalcolo: i centri di HPC si stanno dotando di computer quantistici, *on premise* o con accesso cloud dedicato, in parte anche grazie a schemi europei come EuroHPC. Questo meccanismo è promosso



dalle aziende venditrici di computer quantistici, in quanto sembra essere diventata la chiave di volta per vendere macchine vere e proprie oltre all'accesso via cloud. Di fatto gli HPC center sembrano essere diventati un ramo funzionale per il procurement da parte degli Stati nazionali di computer quantistici.

Hardware e software sono intrecciati: il quantum computing richiede lo sviluppo di computer che funzionano in modo fondamentalmente diverso da quelli attuali. Da un lato, questo vuol dire che c'è bisogno di costruire l'hardware di cui sono composti. Dall'altro, è anche necessario sviluppare un software dedicato che permetta, per esempio, di eseguire gli algoritmi con compilatori che inviino istruzioni ai computer quantistici (parte del cosiddetto *middleware*), di effettuare benchmark delle performance e di comporre uno stack integrato per applicazioni industriali.

Il ruolo centrale dell'open source: in un mercato *deep tech* dove almeno finora non ci sono stati veri e propri prodotti da vendere, a causa del basso *technology readiness level*, la community rappresenta uno degli asset più di valore, anche per ridurre i costi di sviluppo, distribuzione e mantenimento. L'ecosistema di pacchetti open source sviluppati in ambito di ricerca e sviluppo da enti e aziende costituisce una maglia per accelerare l'innovazione lato software e, in parte, anche dell'hardware.

Ibridazioni con altri campi tech e deep tech: il campo delle tecnologie quantistiche è un vero e proprio insieme di tecnologie abilitanti e per questo motivo gli ambiti applicativi sono molto ampi (anche se non generalizzati come nel caso dell'IA). Ci sono quindi molteplici possibilità di ibridazione e declinazioni con altri settori tecnologici, sia per quelli maturi sia per quelli di frontiera. Tre esempi su tutti. Telsy, controllata da TIM, ha acquisito una partecipazione nella toscana Quantum Telecommunications Italy e sta lavorando per espandere il proprio stack di cyber security alla comunicazione quantistica (che si basa su un tipo di crittografia diversa da quella classica). La milanese Ephos, spin-off del CNR, produ-

ce chip fotonici che, oltre alle applicazioni in quantum computing, potrebbero essere utilizzati per switch ottici in data center IA: in questo ambito si è appena aggiudicata un finanziamento da parte dello EU Chips Act per una nuova foundry. Interlune, che pianifica di estrarre minerali da altri pianeti, ha ricevuto un'importante commessa da parte di Bluefors, società finlandese leader negli impianti di refrigerazione all'elio liquido, necessari per far funzionare alcuni tipi di computer quantistici (come quelli a superconduttori): essendo l'elio scarso sulla terra, Interlune ha intenzione di estrarlo dalla Luna.

In conclusione, il quantum computing e più in generale le tecnologie quantistiche sono a un momento cruciale di sviluppo, con un possibile impatto sulla capacità innovativa e con risvolti strategici in un'ottica di sovranità tecnologica. ▀

L'AUTORE



Nathan Shammah è Chief Technology Officer di Unitary Foundation, organizzazione no-profit di San Francisco che promuove lo sviluppo di un ecosistema aperto nelle tecnologie quantistiche, realtà di cui guida anche lo sviluppo europeo. È co-fondatore e AD di Metis Srl, startup italiana che sviluppa soluzioni AI sicure per l'analisi documentale e la trasformazione digitale. Ha conseguito un PhD in fisica presso l'Università di Southampton nel Regno Unito e ha lavorato ai laboratori di ricerca del RIKEN, in Giappone. Contribuisce allo sviluppo di progetti open-source scientifici. È stato Chief Strategy Officer del venture studio Quantum Italia. Collabora con istituzioni, aziende ed enti di ricerca nell'innovazione di frontiera.

PROGETTO
MACROTRENDS
2025-2026

ITALIA

