

TREND RADAR QUANTUM COMPUTING

La nuova tecnologia emergente che ridefinisce
ciò che è possibile.



Autori

Emanuele Cacciatore

Director Offering, Innovation & Deal Management

ENGINEERING

emanuele.cacciatore@eng.it

in [Emanuele Cacciatore](#)

Mirko Casadei

SOC Senior Manager
Cyber Fusion

ENGINEERING

Mirko.Casadei@cybertech.eu

in [Mirko Casadei](#)

Salvatore Cipolla

Software Development
Senior AI & AA

ENGINEERING

salvatore.cipolla@eng.it

in [Salvatore Cipolla](#)

Davide Dalle Carbonare

Technical Manager
R&I

ENGINEERING

davide.dallecarbonare@eng.it

in [Davide Dalle Carbonare](#)

Giovanni Frattini

Technical Manager
R&I

ENGINEERING

giovanni.frattini@eng.it

in [Giovanni Frattini](#)

Michele Gabusi

Data Science Manager
Applied AI Solutions

ENGINEERING

michele.gabusi@eng.it

in [Michele Gabusi](#)

Aymane Ghaouri

Strategic Marketing
& Content Analyst

ENGINEERING

aymane.ghaouri@eng.it

in [Aymane Ghaouri](#)

Elena Marchisa

Strategic Marketing &
Content Senior Specialist

ENGINEERING

elena.marchisa@eng.it

in [Elena Marchisa](#)

Antonio Noto

Data Science Advisor
Applied AI Solutions

ENGINEERING

antonio.noto.2@eng.it

in [Antonio Noto](#)



Sommario

01 / La nuova frontiera dell'innovazione	2
02 / La tecnologia quantistica	4
03 / La svolta quantistica nel computing	6
04 / Il nostro approccio	10
05 / I nostri progetti	13
06 / Looking ahead: sfide e opportunità	14



01

La nuova frontiera dell'innovazione

La nuova frontiera dell'innovazione



Il mondo in cui viviamo si confronta oggi con **sfide globali urgenti** come la crisi climatica, la transizione energetica, l'evoluzione del sistema sanitario. Questo momento storico richiede lo sviluppo di soluzioni innovative, ad alte prestazioni e profondamente trasformativa che sappiano vincere **l'aumento esponenziale della complessità**.

Modellare fenomeni dinamici, analizzare enormi volumi di dati, anticipare scenari in continua evoluzione: l'esplorazione di possibili risposte ai problemi di oggi necessita di capacità computazionali sempre maggiori.

In questo contesto, il **Quantum Computing** segna una delle più radicali rivoluzioni tecnologiche del nostro tempo e promette di riscrivere le regole del calcolo. Superando i vincoli del sistema binario, consente di gestire simultaneamente una **moltitudine di possibilità** grazie al principio di **sovrapposizione quantistica**.

Non si tratta semplicemente di **umentare la potenza computazionale** riducendo drasticamente i tempi necessari per eseguire calcoli altamente complessi, ma

rappresenta un cambio di paradigma vero e proprio. Questa tecnologia, infatti, consente di **affrontare in modo innovativo problemi** oggi considerati intrattabili anche dai supercomputer più avanzati, in ambiti come l'Intelligenza Artificiale, la simulazione molecolare, l'ottimizzazione delle risorse e l'analisi predittiva.

Sebbene oggi i computer quantistici non siano ancora maturi per applicazioni su larga scala, la ricerca avanza rapidamente. Esperienze pilota in ambito sperimentale e alcune prime applicazioni concrete stanno già mostrando il potenziale rivoluzionario del Quantum Computing e stanno **abilitando l'industrializzazione di nuove tecnologie avanzate**.

In questo Trend Radar, esploriamo le caratteristiche del Quantum Computing, ne analizziamo le prospettive di medio e lungo termine, e raccontiamo l'impegno di Engineering insieme a imprese, mondo accademico e pubbliche amministrazioni per trasformare questa tecnologia in una leva concreta di innovazione verso un futuro più resiliente.



02 La nuova tecnologia quantistica

Le Quantum Technologies si dividono in quattro diversi ambiti:

- **Computing** (l'utilizzo di qubit per risolvere rapidamente problemi complessi);
- **Communications** (la trasmissione sicura tramite entanglement e crittografia quantistica);
- **Sensing** (le misurazioni ultra precise ottenibili sfruttando le proprietà quantistiche);
- **Simulation** (la modellazione di sistemi complessi per scopi scientifici e tecnologici).

Il Quantum Computing, o **informatica quantistica**, con la sua potenziale capacità di risolvere problemi complessi in modo esponenzialmente più veloce di quanto avviene ad oggi, è una delle aree più importanti e trasformative tra le tecnologie quantistiche.

Si basa fondamentalmente su tre pilastri: **hardware**, **infrastruttura cloud** e **software**.

L'**hardware quantistico** consiste di dispositivi fisici che eseguono i calcoli sfruttando i principi della meccanica quantistica, richiedendo una precisione e una stabilità estremamente elevate.

L'**infrastruttura cloud** consente di rendere accessibili e scalabili a distanza i processi di calcolo, permettendo a chiunque di utilizzare risorse quantistiche senza possedere hardware dedicato.

Il **software quantistico**, infine, implementa algoritmi e applicazioni che sfruttano le proprietà uniche dei sistemi quantistici, permettendo di risolvere problemi che sarebbero impraticabili per i computer classici.

Mentre i computer classici si basano su bit binari (0 o 1) per memorizzare ed elaborare i dati, quelli quantistici utilizzano i **qubit**. Essi possono essere realizzati a partire da configurazioni di sistemi di varia natura basati, ad esempio, su atomi neutri, circuiti superconduttori e sistemi fotonici, il che li rende fondamentalmente diversi dalle unità binarie classiche.



La potenza dell'informatica quantistica deriva in particolare da tre principi fondamentali:

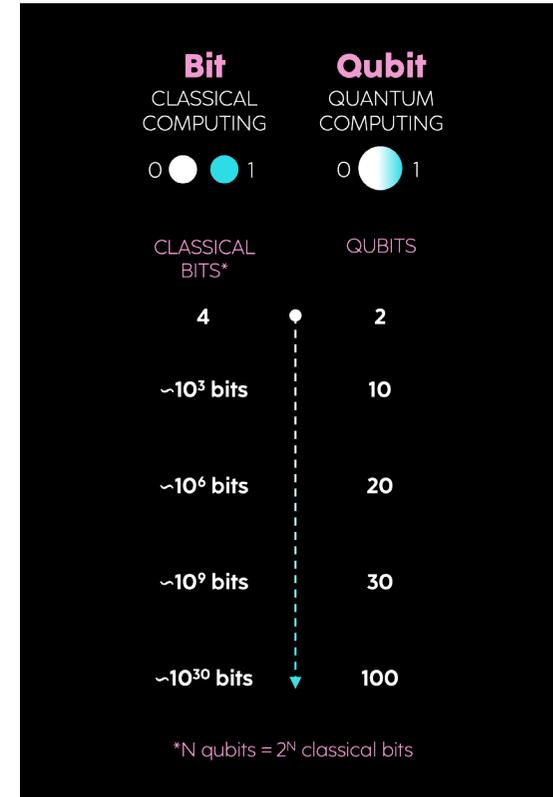
- la **superposition** - consente ai qubit di memorizzare ed elaborare un numero esponenzialmente maggiore di informazioni, esistendo come combinazione di 0 e 1 contemporaneamente;
- l'**interference** - il principio che consente ai computer quantistici di amplificare le soluzioni corrette e di annullare quelle errate, guidando i calcoli verso risultati ottimali;
- l'**entanglement** - lo stato combinato che contiene collettivamente più informazioni dei singoli qubit, fornendo un significativo aumento della potenza di calcolo.

Questi principi non hanno analoghi classici e la loro simulazione sui computer tradizionali richiederebbe risorse ingenti e necessitando quindi di hardware adeguati.

L'informatica quantistica ha un enorme potenziale per cambiare il modo in cui vengono eseguite alcune funzioni di calcolo, consentendo di risolvere problemi attualmente irrisolvibili e di aprire la strada ad innovazione e soluzioni creative.

Tuttavia, gli attuali computer quantistici hanno solo un numero limitato di **qubit funzionali**, un fattore che limita le loro applicazioni pratiche.

Le attività di ricerca si concentrano quindi sull'aumento di questi qubit, e sulla correzione degli errori nel breve termine per rendere pratici i computer quantistici, anche con un numero relativamente piccolo di qubit.





03 La svolta quantistica nel computing

Gli investimenti nelle tecnologie quantistiche stanno accelerando rapidamente, guidati da aziende all'avanguardia che sviluppano computer quantistici, circuiti superconduttori, sistemi ottici e dispositivi di comunicazione innovativi.

Sebbene il loro numero sia in crescita, a livello globale, e in particolare in Europa, i fornitori di **hardware quantistici** sono tuttavia ancora relativamente pochi.

Nel frattempo, governi e imprese stanno concentrando i loro sforzi anche sullo sviluppo di **hardware avanzato** e **software "quantum-ready"**, preparandosi per accogliere rapidamente le sfide future abilitate dai computer quantistici.

Nei prossimi cinque anni, assisteremo quindi allo sviluppo di hardware più potenti, tecniche migliorate per la correzione degli errori quantistici e sistemi progettati per ottimizzare gli algoritmi sulle architetture quantistiche attuali. L'obiettivo nel breve-medio periodo non è quello di



sostituire i sistemi classici, ma di combinare tecnologie attuali e quantistiche in sistemi ibridi per ottenere il cosiddetto "**vantaggio quantistico**" in specifici ambiti di problemi.

In particolare, l'informatica quantistica si sta distinguendo per il contributo apportato in tre principali classi di problemi:

- le **simulazioni di fenomeni naturali**, inclusi processi chimici e biologici;
- le **sfide algebriche**, come quelle nel machine learning, nelle equazioni differenziali e nelle operazioni matriciali;
- la **ricerca quantistica e i problemi correlati ai grafi**, fondamentali per la crittografia e l'ottimizzazione delle reti.

Queste specifiche abilità, man mano che la tecnologia quantistica si avvicina alla commercializzazione, aprono la strada a possibili **applicazioni in diversi settori**:

- **Industry** - accelerazione nella scoperta di nuovi materiali e processi;
- **Healthcare** - rivoluzione nello sviluppo di farmaci e nella medicina personalizzata;
- **Finance** - miglioramento nell'analisi dei rischi, nell'ottimizzazione dei portafogli e nella rilevazione delle frodi;
- **Transportation** - ottimizzazione della logistica, gestione del traffico e sistemi autonomi più efficienti;
- **Energy & Utilities** - ottimizzazione della rete elettrica e gestione delle risorse, previsione della domanda energetica, monitoraggio delle infrastrutture.

Ciascuno di questi settori trarrà grandi vantaggi dalla capacità dell'informatica quantistica di risolvere problemi complessi, ottimizzare i processi e sbloccare opportunità, rivoluzionando il mondo in cui viviamo e lavoriamo.

Posizionarsi come early adopter consentirà a aziende ed organizzazioni di ottenere un vantaggio competitivo con la progressiva maturazione di questa tecnologia.





Key Trends

\$93 MLD

**IL POTENZIALE
FATTURATO DI MERCATO
PER LE TECNOLOGIE
QUANTISTICHE ENTRO
IL 2040**

- + **CLOUD & INFRASTRUCTURE**
- + **CYBERSECURITY**
- + **ADVANCED ANALYTICS**
- + **HYBRID COMPUTING**
- + **ARTIFICIAL INTELLIGENCE**

\$8,6 Mld

LA DIMENSIONE DEL MERCATO
DEL QUANTUM COMPUTING
NEL 2027

32%

QUOTA DEL BUDGET DI R&D
ALLOCATO DALLE ORGANIZZAZIONI
AL QUANTUM COMPUTING NEL 2025

458

PLAYER NEL MERCATO DEL
QUANTUM COMPUTING E
COMMUNICATION NEL 2024, DI
CUI 355 SONO NATIVI QUANTISTICI

€17,7 Mld

FINANZIAMENTI PUBBLICI
PER LA RICERCA STIMATI IN
EUROPA TRA IL 2025 E IL 2029

TOP 3 BUSINESS BENEFITS

MAGGIORE
SICUREZZA
DEI DATI

SIMULAZIONI
AVANZATE PER
RICERCA E SVILUPPO

OTTIMIZZAZIONE
E MIGLIORAMENTO
DELL'EFFICIENZA

Ottimizzare i processi con soluzioni tecnologiche avanzate per la crescita del business.

INFORMATICA QUANTISTICA E INTELLIGENZA ARTIFICIALE

Il più ampio ecosistema del Quantum Computing si basa anche su **elementi classici**, come le risorse di calcolo per i flussi di lavoro ibridi, i sistemi di controllo avanzati per gestire le operazioni dei qubit e le competenze specializzate negli **algoritmi quantistici**.

Pur essendo ancora in fase sperimentale, questi ultimi infatti dimostrano un beneficio potenzialmente significativo e misurabile.

L'Intelligenza Artificiale svolge dunque un ruolo cruciale nel progresso del Quantum Computing migliorandone l'affidabilità, ottimizzando gli algoritmi e perfezionando la gestione delle risorse.

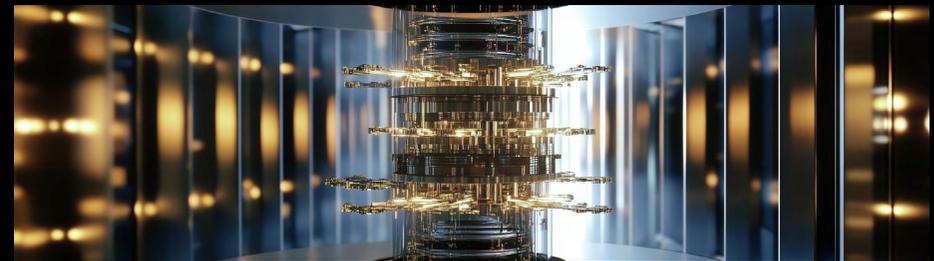
Contribuisce inoltre alla **correzione degli errori** prevedendo e affrontando errori computazionali, oltre a **ridurre il rumore** attraverso l'analisi e la mitigazione dei modelli di disturbo. L'AI potenzia la **progettazione di algoritmi quantistici** con tecniche come il reinforcement learning, minimizzando le operazioni sui gate e gli errori. Automatizza il **controllo dell'hardware quantistico** per garantire prestazioni ottimali dei dispositivi e la stabilità del sistema, ottimizzando al contempo l'allocazione dei qubit e la pianificazione delle attività.

Inoltre, migliora le **simulazioni e il benchmarking**, supportando lo sviluppo dei sistemi quantistici. Consente anche l'**integrazione fluida di sistemi ibridi** quantistici-classici, migliorando l'efficienza computazionale.

A sua volta, l'informatica quantistica offre un potenziale trasformativo per l'AI, in particolare nello sviluppo dell'Intelligenza Artificiale Generale (AGI) ossia a sistemi AI con capacità cognitive simili a quelle umane, in grado di comprendere, apprendere e applicare conoscenze in modo flessibile e adattabile a una vasta gamma di compiti, senza bisogno di essere programmati specificamente per ciascuno di essi.

Gli algoritmi ispirati alla quantistica possono **migliorare l'efficienza dei modelli AI esistenti**, riducendo le necessità hardware e al contempo potenziando le prestazioni.

Infine, la superiore potenza computazionale dell'informatica quantistica le consente di risolvere problemi complessi e elaborare dati a velocità senza precedenti, arricchendo notevolmente le **capacità di ragionamento e decisione dell'AGI**.



FOCUS ON



TREND RADAR / Quantum Computing / La nuova tecnologia emergente che ridefinisce ciò che è possibile.

04

Il nostro approccio

Il nostro approccio



Engineering si occupa di ricerca dal 1987 e muove i primi passi nel campo dell'Intelligenza Artificiale negli anni 90.

Attualmente, nella Technology Business Line AI & Data di Engineering lavorano più di **410 persone**, supportando **oltre 150 tra aziende e pubbliche amministrazioni** nell'adozione e utilizzo delle applicazioni di AI, GenAI e Data Analytics, garantendo innovazione nell'intero ciclo di vita dei dati. Il nostro approccio combina competenze specifiche di business con una ricerca incessante nelle **tecnologie di frontiera**, permettendoci di acquisire esperienza significativa prima ancora che queste raggiungano la maturità del mercato.

Il **Laboratorio R&I**, che conta **oltre 400 tra ricercatori e data scientist**, affronta quotidianamente le sfide della ricerca nel campo dell'AI, della gestione avanzata dei dati e delle analisi complesse all'interno di ecosistemi digitali distribuiti e federati, puntando allo sviluppo dell'economia basata sui dati, attraverso il coordinamento e la partecipazione a numerosi progetti di ricerca nazionali ed europei.

Con un investimento nel 2024 di circa **28 milioni di euro** nella ricerca, solide collaborazioni con Università e Centri di Ricerca e oltre **110 progetti di ricerca attivi**,

di cui circa 60 integrano tecnologie di AI & Data, ci distinguiamo come uno dei principali player privati europei nel settore.

Da oltre 3 anni, siamo sponsor e partecipante dell'**Osservatorio Quantum Computing & Communication**, il più grande polo scientifico-tecnologico universitario italiano di PoliMI, un punto di riferimento precompetitivo sul tema in Italia che coinvolge una community di aziende interessate, lato domanda e offerta di tecnologia, e di esperti a livello nazionale e internazionale.

Abbiamo partecipato al tavolo istituito del Ministero dell'Università e della Ricerca in collaborazione con il Ministero delle Imprese e del Made in Italy, il Ministero della Difesa, l'Agenzia nazionale per la Cybersicurezza (ACN) e il Dipartimento per la Transizione Digitale (DTD) della Presidenza del Consiglio dei Ministri.

Questo Gruppo di Lavoro ha riunito esperti del mondo della ricerca e rappresentanti istituzionali per delineare un quadro strategico volto a rafforzare la posizione dell'Italia per le tecnologie quantistiche e allo sviluppo della **Strategia italiana per le tecnologie quantistiche**.

Eng è inoltre tra i cofondatori del **Centro Nazionale di**

Ricerca in High Performance Computing, Big Data e Quantum Computing (ICSC), uno dei cinque Centri Nazionali istituiti dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), e uno stakeholder strategico nello SPOKE 10 dedicato all'Informatica Quantistica.

Fact & Figures AI & Data

60+

Progetti di
ricerca AI

500

Certificazioni

20+

Partnership e
collaborazioni
accademiche

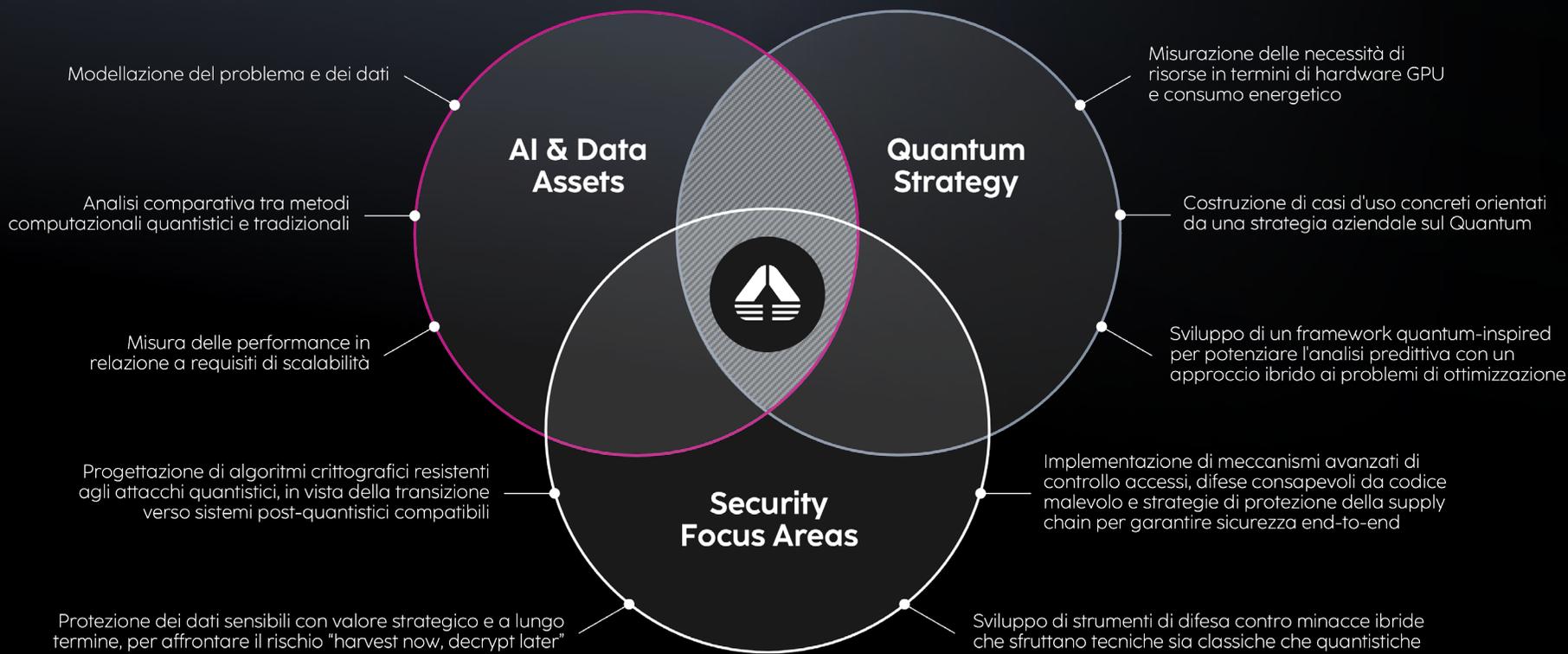
30+

Anni di
esperienza nel
campo dell'AI



Combiniamo le nostre competenze e conoscenze nei campi AI & Data e Cybersecurity con i risultati più recenti della ricerca in quello Quantum per aprire la via all'industrializzazione di questa tecnologia.

Il nostro approccio



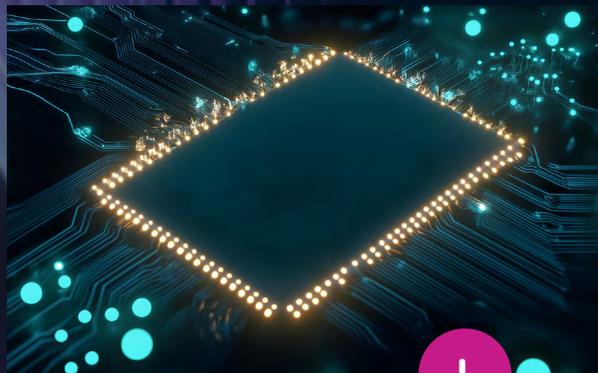
05

I nostri progetti

USE CASE / ENERGY & UTILITIES

Algoritmi quantistici a supporto dell'analisi predittiva

Gli algoritmi ed approcci quantistici, in particolare l'**algoritmo Harrow-Hassidim-Lloyd applicato a sistemi lineari**, migliorano alcune tecniche di Machine Learning e metodi di analisi che a loro volta supportano i Metodi di calcolo agli Elementi Finiti (FEM), lo studio delle correlazioni e alcuni tipi di reti neurali. La generalizzazione dell'algoritmo, attraverso strumenti di sviluppo integrati Python (Qiskit Framework) e il cloud AWS, permette di gestire problemi di complessità arbitraria. Sfruttare il vantaggio in termini di velocità di calcolo che sarà reso possibile dalla tecnologia quantistica consente di **supportare il business**, migliorando l'efficacia di tecniche di analisi dati e accelerando in modo significativo l'ottenimento di risultati e delle decisioni, con un impatto diretto sull'**ottimizzazione dei processi**.



RESEARCH PROJECT / TRANSPORTATION

Un ecosistema logistico urbano più efficiente

Il progetto **QLMD (Quantum Computing for Efficient Urban Logistical Ecosystem)**, all'interno dello Spoke 10 del Centro HPC, ci consente di affrontare sfide per la logistica urbana quali, ad esempio, la raccolta dei rifiuti, la cosiddetta "consegna dell'ultimo miglio" o il prelievo/consegna dei clienti da veicoli di una flotta. In particolare, abbiamo sfruttato il calcolo quantistico per **trattare classi di problemi NP-Hard** come quelli del commesso viaggiatore (**TSP**) e dell'instradamento dei veicoli (**VRP**) con l'obiettivo di sviluppare una strategia di **ottimizzazione** vincolata per un sistema complesso.

Il progetto di ricerca è finanziato dal Piano Nazione di Ripresa e Resilienza (PNRR), Missione 4 Componente 2.





06

Looking ahead: sfide e opportunità

Key capabilities

- + **Elaborazione** di enormi set di dati
- + **Ottimizzazione** di sistemi complessi
- + **Simulazione** di scenari multipli



Il **Quantum Computing** ha il potenziale di trasformare le operazioni aziendali risolvendo problemi di complessità e scala senza precedenti, migliorando al contempo l'analisi dei dati, ottimizzando i processi decisionali e aumentando la competitività in diversi settori.

Un futuro alimentato dal calcolo quantistico promette velocità superiore, consentendoci di affrontare alcune delle più grandi sfide dell'umanità con maggiore efficienza, precisione e su vasta scala.

Tuttavia, nonostante il potenziale teorico estremamente promettente, persistono significative **limitazioni tecniche**. Tra le principali sfide vi sono il numero limitato e la non standardizzazione dei qubit disponibili, i vincoli legati alla topologia e alla connettività, nonché l'elevato numero di qubit logici necessari per risolvere problemi complessi di ottimizzazione.

Inoltre, la scarsa scalabilità degli attuali sistemi quantistici e la loro instabilità rendono difficile la gestione di calcoli avanzati, mentre l'adattamento dei problemi tradizionali a un linguaggio quantistico richiede lo sviluppo di nuovi algoritmi.

Il settore del Quantum Computing, comunque, è in continua evoluzione e si prevede che nei prossimi 3-5 anni molte delle attuali difficoltà tecniche possano essere significativamente mitigate o superate.



Poiché molte di queste sfide riguardano lo sviluppo dell'hardware, numerose aziende stanno investendo nella progettazione di algoritmi e strumenti che potranno essere eseguiti su hardware quantistico reale non appena diventerà disponibile.

Preparandosi all'avvento dell'era quantistica, le imprese adotteranno dapprima **capacità di calcolo sempre più avanzate e algoritmi specializzati** su misura per settori e funzioni aziendali specifiche. Successivamente, le tecnologie quantistiche consentiranno loro di sviluppare **software all'avanguardia**, offrire piattaforme di **quantum-as-a-service** e creare opportunità di business, prodotti e mercati completamente nuovi.

Con la sua capacità di elaborare enormi set di dati, **ottimizzare sistemi complessi e simulare scenari intricati**

stimolerà l'innovazione in vari settori.

Il Quantum computing sarà in grado di **rivoluzionare l'efficienza e sbloccare opportunità aziendali senza precedenti, rimodellando la creazione di valore nell'economia digitale.**

Come per ogni nuova tecnologia emergente, la capacità di indirizzare questa evoluzione in modo **responsabile** e mettendo l'essere umano al centro sarà essenziale.





@ www.eng.it

in Engineering Group

 @LifeAtEngineering

 @EngineeringSpa