

Oltre la digitalizzazione: L'ERA QUANTISTICA NELLA SANITA'

Tommaso Stranieri

DCM Quantum Coordinator, Partner
Deloitte Advisory



A spasso nell'**evoluzione tecnologica** della Medicina

Fattori abilitanti

- Capacità di generare e controllare radiazioni e campi fisici
- Avanzamenti nei materiali e nei dispositivi di misura
- Evoluzione delle tecnologie di rivelazione e lettura del segnale
- Crescita della potenza di calcolo e delle simulazioni
- Integrazione tra fisica, ingegneria e scienze della vita

Scoperta Raggi X

La medicina scopre che il corpo può essere "letto" tramite **segnali fisici invisibili**

1895

Le tecnologie entrano nella struttura della vita

Struttura del DNA

Il corpo inizia a essere visto come **un sistema informazionale basato su codici** (geni)

1953

La biologia diventa una scienza dei dati

Progetto Genoma Umano

La medicina entra nell'era dei dati: **algoritmi e modelli** leggono il corpo come un **flusso** informativo

2003

L'ingegneria entra nella scala atomica

Quantum

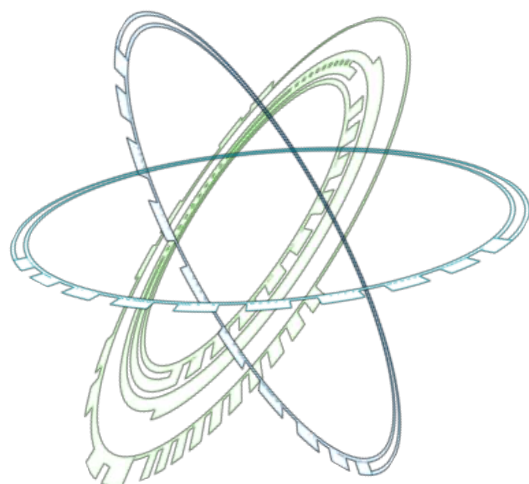
Fase informazionale: i fenomeni biologici possono oggi essere misurati, simulati, calcolati e protetti attraverso **tecnologie quantistiche**

2025

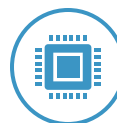
Che cos'è il Quantum

Esistono quattro principali ambiti di applicazione delle tecnologie quantistiche:

QUANTUM TECHNOLOGIES



COMPUTING



Dispositivi controllabili che **sfruttano le proprietà della fisica quantistica** per eseguire operazioni di calcolo.

SIMULATION



Dispositivi quantistici utilizzati per **simulare sistemi naturali complessi**, con applicazioni in chimica, biologia e scienza dei materiali.

SENSING



Dispositivi di sensing che utilizzano **effetti della meccanica quantistica per aumentare l'accuratezza e la sensibilità** nella rilevazione dei segnali.

CRYPTOGRAPHY



Algoritmi crittografici progettati per **resistere agli attacchi dei futuri computer quantistici**, garantendo sicurezza e protezione dei dati.

Quantum Computing: una svolta per la medicina

Calcolo quantistico al servizio della medicina – dalla scoperta di farmaci all’ottimizzazione di cure e risorse.

Il **Quantum Computing** sfrutta fenomeni quantistici (sovrapposizione, entanglement) per **eseguire calcoli troppo complessi per i computer tradizionali**.

In ambito sanitario può **rivoluzionare ricerca e gestione clinica**: dalla simulazione accurata di molecole e proteine per scoprire nuovi farmaci, all’analisi di big data genomici per terapie personalizzate, fino all’ottimizzazione di processi ospedalieri complessi (es. pianificazione chirurgica)¹. Tali applicazioni quantistiche promettono **cure più efficaci e personalizzate**, oltre a **significative efficienze operative e risparmi economici per le strutture sanitarie** – un valore tangibile sia clinico che gestionale.



SCOPERTA DI FARMACI ACCELERATA



EFFICIENZA OPERATIVA OSPEDALIERA



DIAGNOSTICA PREDITTIVA AVANZATA



TERAPIE PERSONALIZZATE OTTIMALI

¹ [Uso dei computer quantistici nel sistema sanitario: stato dell'arte e prospettive, Quantum Horizon](#)

Quantum Simulation: modelli molecolari per terapie su misura

Simulazioni quantistiche per comprendere meglio le basi molecolari delle malattie e accelerare la ricerca biomedica.

Il **Quantum Simulation** utilizza computer quantistici per **modellare il comportamento di molecole, proteine e reazioni chimiche complesse**, con un livello di precisione impossibile per i sistemi tradizionali¹.

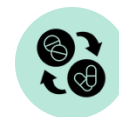
In ambito sanitario, queste simulazioni consentono di **prevedere come si piegano le proteine o come si sviluppa una patologia a livello atomico**. Le applicazioni sono concrete: progettazione di nuovi farmaci, comprensione di meccanismi patologici, riduzione degli effetti collaterali. Questo si traduce in **terapie più mirate, sviluppo più rapido e meno costoso**, e un **potenziale concreto per la medicina personalizzata**¹.



SIMULAZIONE DI FARMACI E PROTEINE



ANALISI DEI MECCANISMI MOLECOLARI



PREVISIONE DI INTERAZIONI FARMACOLOGICHE



OTTIMIZZAZIONE DEL DOSAGGIO

¹ [The quantum revolution in pharma: Faster, smarter, and more precise, McKinsey](#)

Quantum Sensing: diagnosi medica ad altissima precisione

Sensori quantistici per rilevare segnali biologici minimi, abilitando diagnosi precoci e monitoraggi clinici innovativi.

Il **Quantum Sensing** applica i principi quantistici per misurare parametri biologici con una **precisione finora irraggiungibile**¹. Sensori quantistici ultra-sensibili rilevano variazioni minime di campi magnetici², temperatura o altre grandezze a livello molecolare², abilitando nuovi tipi di esami medici.

In ambito clinico, ciò si traduce in **diagnosi più precoci e accurate** – ad esempio individuare lesioni tumorali millimetriche ben prima che siano rilevabili con tecniche tradizionali¹. Queste capacità **migliorano gli esiti per i pazienti** (intervenendo prima che la malattia progredisca) e generano **risparmi per il sistema sanitario grazie a terapie tempestive e mirate**.



MAPPATURA CEREBRALE AVANZATA



DIAGNOSI PRECOCE DEI TUMORI



MONITORAGGIO CARDIACO SENZA CONTATTO



IMAGING MOLECOLARE DI NUOVA GENERAZIONE

¹ [Quantum Sensing in Medical Imaging: The Next Frontier for Boston's MedTech Innovators, MEDevice Boston](#)

² [Quantum sensors for biomedical applications, Nature Reviews Physics](#)

Post-Quantum Cryptography: proteggere i dati sanitari nel futuro

Crittografia resistente ai computer quantistici per difendere privacy e infrastrutture digitali sanitarie.

L'arrivo dei computer quantistici pone un rischio concreto per la sicurezza. La **Post-Quantum Cryptography (PQC)** sviluppa **nuovi algoritmi progettati per resistere a questi attacchi**. È un tema urgente per il settore sanitario, che gestisce dati estremamente sensibili e con obblighi di riservatezza a lungo termine. Attacchi di tipo “harvest now, decrypt later” – cioè rubare oggi e decifrare domani – rappresentano una minaccia reale¹.

Per questo le autorità (come NIST e l'UE) **raccomandano alle strutture sanitarie di iniziare subito il passaggio a standard crittografici post-quantistici**, per proteggere cartelle cliniche, dispositivi medici e reti ospedaliere¹.



CIFRATURA QUANTUM-SAFE DELLE CARTELLE



SICUREZZA PER DISPOSITIVI IoT



PROTEZIONE DEI DATI NELLA CONDIVISIONE



RESILIENZA INFRASTRUTTURALE

¹ [Quantum cryptography and data protection for medical devices before and after they meet Q-Day. Nature](#)

Quantum Computing in Healthcare & Pharma

Use-case emergenti e opportunità



Drug Discovery e Simulazioni Molecolari

Gli algoritmi quantistici stanno iniziando a modellare molecole e interazioni chimiche con livelli di precisione che superano i metodi classici. Le prime simulazioni riguardano molecole semplici, ma aprono la strada a un **nuovo paradigma nella progettazione dei farmaci**¹

1. S. Pal, M. Bhattacharya, S. Lee, et. al., "Quantum Computing in the Next-Generation Computational Biology Landscape: From Protein Folding to Molecular Dynamics"; W. Li, Z. Yin, X. Li, et. al., "A hybrid quantum computing pipeline for real world drug discovery"



Quantum ML per Diagnosi e Predizione

Approcci ibridi quantistico-classici stanno mostrando risultati incoraggianti **nell'analisi di immagini mediche e nella classificazione istopatologica**, ad esempio nel riconoscimento precoce del tumore al seno. In questo ambito si inserisce anche la **sensoristica quantistica**, che abilita la misurazione di segnali biologici finora non rilevabili, potenziando diagnostica e predizione. È uno dei filoni a crescita più veloce²

2. V. Azevedo, C. Silva and I. Dutra, "Quantum transfer learning for breast cancer detection," H. Guleria, A. Luqmani, H. Kothari, P. Phukan, S. Patil, P. Pareek, K. Kotecha, A. Abraham and L. Gabralla, "Enhancing the breast histopathology image analysis for cancer detection using variational autoencoder"



Ottimizzazione dei Processi Clinici e Operativi

Tecniche come il **quantum annealing** vengono esplorate per **migliorare la pianificazione dei trattamenti**, l'organizzazione dei flussi ospedalieri e la gestione delle risorse cliniche. I primi prototipi suggeriscono un impatto potenziale sui modelli di efficienza sanitaria³

3. J. Pakela, H. Tseng, M. Matuszak, R. K. T. Haken, D. McShan and I. E. Naga, "Quantum-inspired algorithm for radiotherapy planning optimization"



Genomica Quantistica

Nuovi algoritmi promettono di **accelerare l'allineamento delle sequenze e l'identificazione delle varianti genetiche**, due passaggi chiave nella genomica di nuova generazione. Questo potrebbe ridurre drasticamente i tempi delle analisi e favorire l'espansione della medicina di precisione⁴

4. G. Varsamis, I. Karafyllidis, K. Gilkes, U. Arranz, R. Martin-Cuevas, G. Calleja, P. Dimitrakis, P. Kolovos, R. Sandaltzopoulos, H. Jessen and J. Wong, "Quantum gate algorithm for reference-guided DNA sequence alignment"

Tecnologie quantistiche in medicina: due use cases internazionali

Due iniziative internazionali che sfruttano hardware quantistico per accelerare ricerca biomedica, genomica e sviluppo di nuovi farmaci



Quantum Computer dedicato

1

La Cleveland Clinic, in partnership con IBM, ha introdotto l'**IBM Quantum System One**, il primo computer quantistico dedicato alla ricerca sanitaria.

Il sistema supporta il programma **Discovery Accelerator**, che applica il quantum computing a **predizione strutturale delle proteine**, drug discovery, analisi genomica, rischio cardiovascolare e AI per le malattie neurodegenerative.



L'obiettivo: potenziare la ricerca biomedica e supportare **terapie sempre più personalizzate** e data-driven

2

Programmi per lo sviluppo



Il programma **Quantum for Bio** di **Wellcome Leap** mira a sfruttare il quantum computing per applicazioni trasformative in ambito sanitario, con particolare focus su genomica e drug discovery.

Prevede fino a **40 milioni di dollari** di finanziamenti per la ricerca e **10 milioni** in premi per chi dimostra un vero *quantum advantage* in applicazioni biomediche.



L'obiettivo è accelerare, nei prossimi 3–5 anni, la risoluzione di problemi biologici complessi attraverso l'uso di hardware quantistico emergente

Le potenzialità della Sensoristica Quantistica: il caso QSENSATO

Celle di vapore atomico miniaturizzate per una nuova generazione di sensori biomedicali ad alta precisione

Contesto

QSensAto sviluppa **Laser-Written Vapor Cells (LWVCs)**, celle di vapore atomico miniaturizzate realizzate interamente in vetro, che sfruttano le proprietà quantistiche degli atomi per misurazioni **estremamente sensibili, accurate e stabili**.

La tecnologia consente **elevata flessibilità di design**, miniaturizzazione e integrazione in sistemi di sensing compatti, superando i limiti architetturali dei sensori tradizionali.

Analisi del Contesto

La sensoristica quantistica stia passando dalla ricerca alla **diagnostica clinica potenzialmente adottabile**

Applicazioni diagnostiche

1. **Magnetoencefalografia (MEG)** e **Magnetocardiografia (MCG)** tramite **Optically Pumped Magnetometers (OPM)**, come alternativa ai sistemi SQUID
2. **Imaging e diagnostica funzionale avanzata**, per la rilevazione di variazioni fisiologiche sottili associate a patologie
3. **Magnetomiografia e diagnostica point-of-care**, con prospettive di utilizzo in ambienti ambulatoriali e territoriali



Valore per l'ospedale

1. **Diagnosi più precoce** grazie alla rilevazione di segnali bio-magnetici debolissimi
2. **Riduzione della complessità infrastrutturale** (niente criogenia, sistemi compatti)
3. **Abilitazione della medicina predittiva e personalizzata**

Definire una roadmap per generare valore oggi e domani

Quattro momenti chiave per preparare la sanità alla transizione quantistica.

CONSAPEVOLEZZA

- Comprendere **che cos'è il quantum** e **perché è rilevante per la sanità**.
- **Valutare gli impatti potenziali** su clinica, ricerca, operations e IT.
- Attivare un **dialogo strutturato** con **università, centri di ricerca** e **provider tecnologici**.
- **Monitorare casi d'uso** e **sperimentazioni già avviate** nel settore Healthcare.

PRIORITA'

- **Identificare processi** clinici, diagnostici e di ricerca **ad alta complessità computazionale**.
- Valutare le aree dove **quantum computing, simulation, sensing**, possono **portare beneficio**.
- **Analizzare i punti di vulnerabilità** nella sicurezza dei dati sanitari.
- **Prioritizzare aree ad alto valore potenziale** per futuri progetti pilota.

STRATEGIA

- **Definire una strategia di breve e medio termine** per affrontare la discontinuità tecnologica.
- **Valutare scenari di adozione** (partnership, servizi, progetti di ricerca congiunti).
- **Stimare investimenti** necessari in tecnologia, competenze e sicurezza.
- **Integrare il tema quantum nei piani di trasformazione** e **innovazione digitale** aziendali.

GOVERNANCE

- **Assegnare una sponsorship chiara** (es. Direzione Sanitaria, CIO, Direzione Ricerca).
- Avviare **percorsi di formazione** base su quantum e impatti per la sanità.
- Favorire **l'esposizione a modelli di pensiero, algoritmi e metodi quantum inspired**.
- Definire policy e linee guida per **valutare e governare progetti legati al quantum**.

Your move: Il momento di sviluppare una roadmap quantistica è ora

“Molte persone pensano che arriverà un momento in cui il quantum semplicemente si accenderà... Ma non è così semplice. Come quando si preme l'interruttore della luce, funziona solo se l'impianto dietro le quinte è già stato predisposto.” - *Idalia Friedson, co-founder di Sygaldry Technologies.*

Grazie per l'attenzione!