

Digital Twin: definizioni e prospettive in ambito sanitario

Salvatore Fregola

Comitato Scientifico Associazione Scientifica Sanità Digitale

Introduzione

Il digital twin è una rappresentazione virtuale di un oggetto fisico o di un sistema durante il suo ciclo di vita. Utilizza dati in tempo reale e altre fonti per consentire l'apprendimento, il ragionamento e la ricalibrazione dinamica con il fine di migliorare i processi decisionali nel contesto reale. In breve, i Digital Twin possono essere definiti come modelli digitali altamente complessi che costituiscono la controparte esatta, o gemella, di una cosa fisica. Queste "cose" potrebbero essere un'auto, un tunnel, un ponte, un sistema organizzativo, un'apparecchiatura biomedica o una persona.

I Digital Twin si sono evoluti tanto negli ultimi anni; il termine Digital Twin nell'accezione attuale è stato utilizzato per la prima volta da John Vickers della NASA nel 2002. In realtà, già negli anni '70 durante il programma spaziale Apollo XIII, gli scienziati della NASA erano riusciti a portare a termine una missione critica ad altissimo rischio per gli Astronauti lavorando sul Digital Twin della navicella posizionato a Huston.

Il Digital Twin con le sue diverse applicazioni rappresenta una fetta di mercato globale sempre più emergente.

Secondo le più importanti società di analisi di mercato, si stima che entro il 2026 il valore dei sistemi di Digital Twin potrebbe raggiungere i 48,2 miliardi di dollari con una crescita media annua del 40%. (Fonte Markets and Markets).

Secondo Forbes, i Digital Twin rappresentano un importantissimo elemento di innovazione per le aziende di qualsiasi settore, capaci di abbattere i vecchi confini che circondano l'innovazione dei prodotti, i complessi cicli di vita e la creazione di valore.

L'uso dei Digital Twin nel settore sanitario consentirà di rivoluzionare i processi clinici e la gestione ospedaliera migliorando l'assistenza medica, i sistemi organizzativi, la personalizzazione delle cure e la modellazione avanzata del corpo umano.

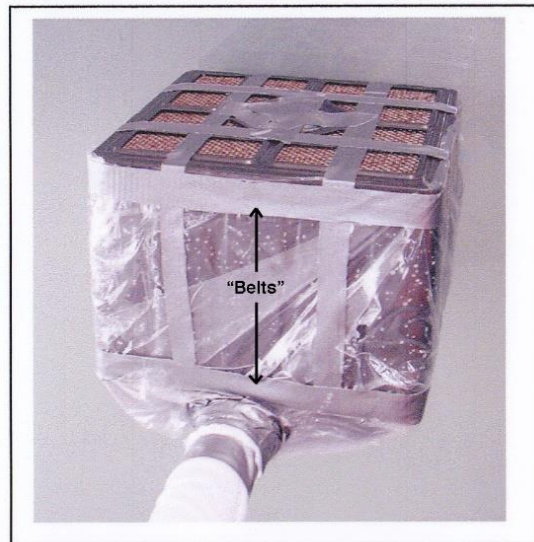


Figura 1 (fonte sito NASA): il filtro per il riciclo dell'ossigeno a bordo ricostruito con materiale di fortuna grazie al Digital Twin terrestre dell'Apollo 13. L'episodio è stato magistralmente raccontato nel film Apollo 13 di Ron Howard nel 1995.

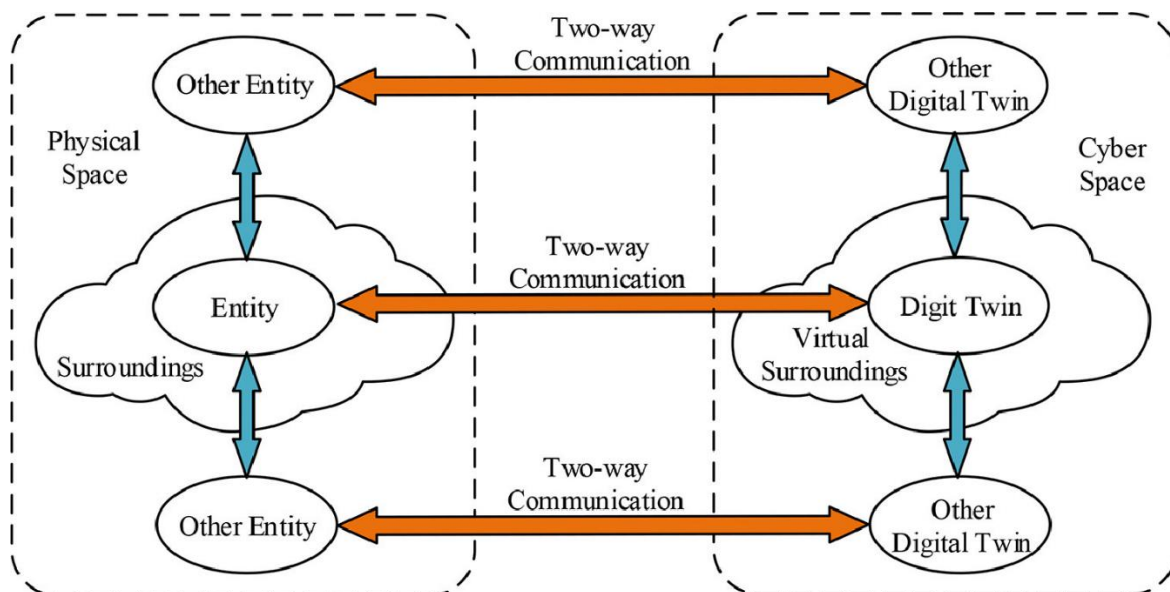


Figura 2 Fonte Elsevier - Computer Methods and Programs in Biomedicine Update: Modello Concettuale dei Digital Twin

È l'integrazione tra tecnologie che porta alle applicazioni più interessanti, soprattutto nei settori come il monitoraggio delle risorse, il monitoraggio in tempo reale di sistemi fisici, la produzione e il monitoraggio delle risorse esterne. I dispositivi IoT consentono l'acquisizione di dati in tempo reale; ciò è fondamentale per la creazione di modelli DT per la manutenzione e l'ottimizzazione delle risorse

e dei processi. Il Digital Twin si realizza collegando il sistema fisico con la replica digitale. Esiste una profonda connessione tra dati e dispositivi IoT, quindi l'analisi dei big data ha un ruolo importante nello sviluppo di un modello DT ottimizzato.

Tuttavia, la gestione di una tale ed enorme quantità di dati nei vari domini applicativi richiede architettura, tecniche, strumenti, framework e algoritmi avanzati. Il cloud computing è una delle piattaforme che possono essere utilizzate per elaborare e analizzare i big data, ma è importante implementare tecniche o algoritmi applicabili per rendere i modelli DT più intelligenti. Alla fine, DT sarà in grado di svolgere attività come:

- Previsione (ad es. manutenzione dei sistemi e monitoraggio dell'assistenza sanitaria).
- Ottimizzazione mediante controllo di processo, pianificazione degli interventi.
- Rilevamento della migliore allocazione delle risorse, rilevamento della sicurezza, migliore strategia di processo e gestione dei guasti.
- Processo decisionale dinamico basato sui dati del DT/dati dei sensori fisici.

Big data, AI, e IoT hanno un'importanza significativa nello sviluppo dei DT. Le aziende specializzate del settore elaborano una grande quantità di dati raccolti da sensori intelligenti attraverso il cloud o piattaforme IoT per migliorare l'efficienza complessiva dei sistemi. Trovare correlazioni è uno degli obiettivi principali, ma non è l'unica attività. Più che sviluppare modelli e correlazioni, l'uso di strumenti di intelligenza computazionale (AI, ML e Big Data) porterà risultati reali quando aiuterà a trovare il nesso causale durante i processi analizzati. Le applicazioni sanitarie intelligenti utilizzano questi concetti in applicazioni di monitoraggio sanitario, ricerca farmacologica, terapie intensive, diagnosi di malattie e formazione degli operatori sanitari.

Digital Twin in Sanità

I Digital Twin trovano applicazioni molto variegata in ambito sanitario. Creando un gemello digitale di un ospedale è possibile analizzare le strategie operative, l'insieme dei processi clinici e gestionali, il personale e i modelli di assistenza per determinare quali azioni intraprendere per rivedere ed ottimizzare l'intero sistema e pianificare le sfide future. Un gemello digitale può aiutare in caso di carenza di posti letto, controllare gli orari del personale, le sale operatorie, l'intero parco delle apparecchiature biomediche. Pertanto, ottimizzazione delle risorse significa sfruttare i dati storici e in tempo reale delle attività ospedaliere e dell'ambiente circostante (ad es. casi di COVID-19, incidenti automobilistici, ecc.).

La logistica e la simulazione dei processi di somministrazione di vaccini in caso di pandemia possono essere meglio progettati attraverso la costruzione di un gemello digitale che tenga conto delle

caratteristiche organizzative dei sistemi sanitari regionali, della disponibilità delle figure professionali da coinvolgere, della tempistica delle forniture (si pensi alla geolocalizzazione dei vari lotti di vaccino e dei movimenti dei corrieri).

Il DT sarà capace di analizzare e fornire indicazioni sulle criticità rilevate e fornire metodologie di risoluzione, in tempo reale, delle stesse.

L'analisi dettagliata delle informazioni rilevate aiuterà a ottimizzare l'assistenza, la sostenibilità in termini di costi e a migliorare, soprattutto, il valore delle prestazioni nei confronti dei pazienti; la direzione sanitaria può rilevare le carenze e ottimizzare i turni degli operatori e meglio gestire i ricoveri.

Alcuni studi hanno dimostrato che lo sviluppo di Digital Twin in ambito ospedaliero consente di ridurre i tempi di trattamento dei pazienti con ictus.

Attraverso i Digital Twin è possibile virtualizzare un ospedale al fine di progettare e gestire un ambiente sicuro. Il modello fornirà in continuo una costante verifica che i cambiamenti programmati possano avere in termini di rischio clinico e sulle prestazioni dell'intero sistema.

In ambito sanitario ciò consente di prendere decisioni strategiche informate in un ambiente sensibile e ad altissima complessità.

Molti studi di settore indicano che un'altissima percentuale di dirigenti sanitari americani prevede un aumento degli investimenti nei Digital Twin nei prossimi anni. Questo perché i gemelli digitali migliorano le prestazioni delle organizzazioni sanitarie, rilevano con efficacia le aree di miglioramento, ottimizzano i processi sanitari e le diagnosi e consentono la ricerca e lo sviluppo di nuovi farmaci e dispositivi.

I Digital Twin trovano applicazione nel mapping delle caratteristiche fisiologiche e dello stile di vita di un individuo nel suo contesto ambientale, consentendo di elaborare cure e farmaci personalizzati a supporto di una sempre più diffusa medicina di precisione.

L'obiettivo della digitalizzazione del corpo umano e della creazione di repliche completamente funzionanti dei suoi sistemi interni è quello di migliorare l'assistenza medica e i trattamenti verso i pazienti: il progetto Living Heart di Dassault è stato tra i primi modelli virtuali realistici di un organo umano (il cuore). L'evoluzione di questi modelli ha portato alla realizzazione di gemelli digitali di altri organi con molteplici vantaggi per i medici ed i ricercatori come la scoperta di malattie in regime di prevenzione, la sperimentazione di trattamenti e il miglioramento della preparazione agli interventi chirurgici.

Concentrandosi su ciascun individuo separatamente, i medici utilizzeranno sistemi Digital Twin basati su simulazioni personalizzate per tenere traccia delle reazioni che ciascun paziente ha nei confronti di trattamenti diversi, il che può aumentare considerevolmente l'accuratezza del piano di trattamento terapeutico.

Ad oggi e nonostante l'interesse e la crescente quantità di progressi nel settore della medicina personalizzata, sono comunque pochi e ci sono pochissime applicazioni di Digital Twin con pazienti reali. Uno dei centri specializzati è l'Università di Linköping in Svezia, che ha mappato l'RNA dei topi in un gemello digitale per prevedere gli effetti di alcuni farmaci.

I Digital Twin possono migliorare la ricerca, lo sviluppo, i test e il monitoraggio di nuovi farmaci e di dispositivi medici. Per esempio:

- **Farmaci:** i gemelli digitali di farmaci e sostanze chimiche consentono agli scienziati di modificare o riprogettare i farmaci tenendo conto della dimensione delle molecole e delle caratteristiche chimico-farmacologiche al fine di migliorare l'efficienza della somministrazione.
- **Dispositivi:** un gemello digitale di un dispositivo medico consente agli sviluppatori di testare le caratteristiche o gli usi dello stesso, apportando modifiche al design funzionale e ai materiali e quindi di testare il successo o il fallimento delle modifiche in un ambiente virtuale prima della produzione. Ciò riduce significativamente i costi di produzione e migliora le prestazioni e la sicurezza del prodotto finale.

[Le sfide da affrontare in ambito sanitario per i Digital Twin](#)

Lo sviluppo di applicazioni di Digital Twin è fondamentalmente gestito da enti e società private e, soprattutto in Italia, manca un continuo aggiornamento della didattica accademica nei confronti delle tematiche che afferiscono all'Intelligenza Artificiale di cui i Digital Twin costituiscono una branca.

Alcune delle sfide che lo sviluppo delle applicazioni di Digital Twin devono affrontare includono:

- **Qualità dei dati:** l'intelligenza artificiale dei DT mediante reti neurali, impara dai dati biomedici disponibili, ma poiché i dati vengono raccolti fondamentalmente tramite le società private che implementano i Digital Twin, la qualità e gli standard dei dati risultano spesso non omogenei e ben strutturati. Di conseguenza, l'analisi e la rappresentazione di tali dati diventa problematica. Ciò alla fine influisce negativamente sullo sviluppo di modelli dovendo lavorare per molto tempo nella normalizzazione e per il raggiungimento della completa affidabilità applicativa.

- Data privacy: le applicazioni di Digital Twin richiedono la raccolta di un numero sempre maggiore di dati a livello individuale da parte di organizzazioni sanitarie e compagnie assicurative. Nel tempo, queste organizzazioni sanitarie acquisiscono un ritratto dettagliato di informazioni biologiche, genetiche, fisiche e relative allo stile di vita di una persona. Tali dati personali potrebbero essere utilizzati per interessi diversi. Un esempio è costituito dalle compagnie di assicurazioni che potrebbero sfruttare i dati per effettuare significative profilazioni attraverso dati prettamente personali.

Perché è importante lo sviluppo dei Digital Twin nel mondo digitale

La produzione intelligente avanzata è uno degli obiettivi che gli esseri umani stanno perseguendo nei tempi moderni. La produzione intelligente è da considerarsi come un sistema informativo aperto. Durante l'intero processo di produzione, una varietà di informazioni viene trasportata, scambiata, trattata e quindi il tutto costituisce un Sistema per l'Elaborazione delle Informazioni. Per ottenere questo è fondamentale avere una costante integrazione fisica ed informatica e ciò diventa possibile con lo sviluppo di Internet of Things (IOT), Cloud Computing (CC), Big Data Analytics (BDA) e Artificial Intelligence (AI). Ma l'integrazione fisica ed informatica non è obiettivo semplice da raggiungere. Il Digital Twin è considerato la tecnica più efficace per realizzare un Cyber Physical System (CPS), pertanto costituisce la tecnologia chiave per l'integrazione delle informazioni e così pervenire a quell'integrazione fisica informatica che era considerata un importante collo di bottiglia per raggiungere la produzione intelligente avanzata. Digital Twin possono abbattere le barriere tra il mondo fisico e il mondo cibernetico.

Ora lo sviluppo delle attuali tecnologie, come la Modellazione Matematica, l'Intelligenza Artificiale, il Cloud Computing, la Block Chain, i Big Data, l'Analisi dei Dati, l'IOT, la rete ad alta velocità, il 5G e così via, offrono la possibilità per lo sviluppo del Digital Twin. Da questo punto di vista, Digital Twin è già futuro.

Bibliografia

1. T. Fei, L. Weiran, Z. Meng, et al. - Five-dimension digital twin model and its ten applications Comput.- Integr. Manuf. Syst., 25 (1) (2019), pp. 1-18
2. N. Bagaria, F. Laamarti, H.F. Badawi, et al. Health 4.0: Digital Twins for Health and Well-Being. doi:10.1007/978-3-030-27844-1. (2020):143-152

3. R. Rosen, G. Wichert, G. Lo, R. Rosen, et al. - About the importance of autonomy and digital twins for the future of manufacturing - IFAC-Papers OnLine, 48-3 (2015), pp. 567-572
4. Z. Cunbo, L. Jianhua, X. Hui, et al. - Connotation, architecture and trends of product digital twin - Comput. Integr. Manuf. Syst., 23 (4) (2017), pp. 753-768
5. C. Nebeker, J. Torous, J. Rebecca, et al. - Building the case for actionable ethics in digital health research supported by artificial intelligence - (2019), 10.1186/s12916-019-1377-7
6. S. Wongvibulsin, S.S. Martin, S.R. Steinhubl, et al. - Connected health technology for cardiovascular disease prevention and management (2019) - <https://doi.org/10.1007/s11936-019-0729-0>
7. C. Nebeker, R.J.B Ellis, J. Torous - Development of a decision-making checklist tool to support technology selection in digital health research (2019), 10.1093/tbm/ibz074
8. C. Fang, P. Zhang, X. Qi - Digital and intelligent liver surgery in the new era: prospects and dilemmas (2019), 10.1016/j.ebiom.2019.02.017
9. A. Palanica, M.J. Docktor, A. Lee, et al. Using mobile virtual reality to enhance medical comprehension and satisfaction in patients and their families. doi:10.1007/s40037-019-0504-7.
10. C. Boletsis, S. McCallum - Brynjar Fowels landmark. The use of smart watches for health monitoring in home-based dementia care