



# Il Digital Twin in fase di Post-Costruzione

con applicazione ad un edificio del Policlinico Umberto I



Dottorato in Ingegneria dell'Architettura e dell'Urbanistica  
Curriculum A – Ingegneria Edile-Architettura  
XXXVI Ciclo

Virginia Adele Tiburcio

Tutor: Prof.ssa Anna Maria Giovenale  
Co-tutor: Prof. Edoardo Currà



**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA

Facoltà di Ingegneria Civile e Industriale  
Dipartimento di Ingegneria Civile Edile e Ambientale  
**Dottorato in Ingegneria dell'Architettura e dell'Urbanistica**  
*Curriculum A – Ingegneria Edile-Architettura*  
**XXXVI Ciclo**

## **Il Digital Twin in fase di Post-Costruzione** con applicazione ad un edificio del Policlinico Umberto I

**KEYWORDS DELLA RICERCA:** INFORMATION & COMMUNICATION  
TECHNOLOGIES, DIGITAL TWIN, BIM, FACILITY MAINTENANCE MANAGEMENT,  
PREDICTIVE MAINTENANCE

**PHD CANDIDATE:**  
Virginia Adele Tiburcio

**TUTOR:**  
Prof.ssa Anna Maria Giovenale  
**CO-TUTOR:**  
Prof. Edoardo Currà

## **INDICE SINTETICO**

---

### **CAPITOLO 1 - INQUADRAMENTO SCIENTIFICO DEL PROBLEMA**

- 1.1 LIMITI DELLA DIGITALIZZAZIONE NEL SETTORE EDILIZIO: UNO SGUARDO SULL'ITALIA E SULL'EUROPA
- 1.2 OSTACOLI E OPPORTUNITÀ DI INNOVAZIONE DIGITALE NEL SETTORE EDILIZIO

### **CAPITOLO 2 - STATO DELL'ARTE**

- 2.1 EVOLUZIONE DEGLI STRUMENTI DEI METODI DI CONTROLLO DELLE FASI DEL PROCESSO EDILIZIO
- 2.2 INNOVAZIONE DIGITALE DEL DIGITAL TWIN

### **CAPITOLO 3 - INDIVIDUAZIONE DELLA FASE DI PROCESSO APPLICATA E METODOLOGIA DI LAVORO**

- 3.1 APPROCCI SCIENTIFICI RIFERITI AL DIGITAL TWIN
- 3.2 METODOLOGIE RIFERITE AL DT ANALISI DELLA FASE DI PROCESSO: IL RUOLO DEL DT NEL FACILITY MANAGEMENT

### **CAPITOLO 4 - STATO ATTUALE NELLA FASE DI GESTIONE TECNICA DELLE INFRASTRUTTURE OSPEDALIERE E DEI BLOCCHI OPERATORI**

- 4.1 VISIONE STRATEGICA E SFIDE DELL'ARCHITETTURA DIGITALE GESTIONE DELLA MANUTENZIONE E STRATEGIE INNOVATIVE NELLE STRUTTURE OSPEDALIERE IN ITALIA
- 4.2 LA GESTIONE DIGITALE DEL BLOCCO OPERATORIO POST-PANDEMICO

### **CAPITOLO 5 - INDIVIDUAZIONE DEL CASO APPLICATIVO**

- 5.1 INQUADRAMENTO DEL POLICLINICO UMBERTO I
- 5.2 EDIFICIO DEL DIPARTIMENTO DI CHIRURGIA PIETRO VALDONI

### **CAPITOLO 6 - COSTRUZIONE DEL MODELLO BIM**

- 6.1 CAPITOLATO INFORMATIVO: ESPlicitAZIONE DELLE ESIGENZE E DEI REQUISITI INFORMATIVI RICHIESTE DAL COMMITTENTE AGLI AFFIDATARI
- 6.2 REQUISITI E GOVERNANCE DEL SISTEMA DI INFORMATIZZAZIONE: GUIDA ALLE SEZIONI TECNICA E GESTIONALE DEL CAPITOLATO INFORMATIVO

### **CAPITOLO 7 - COSTRUZIONE DELL'ARCHITETTURA DI SISTEMA DI DIGITAL TWIN**

- 7.1 REALIZZAZIONE DELL'ARCHITETTURA DEL DIGITAL TWIN: APPLICAZIONE NEL CASO DI STUDIO DELLA RICERCA
- 7.2 INTEGRAZIONE DI UN DIGITAL TWIN NEL FACILITY MAINTENANCE MANAGEMENT PER LA MANUTENZIONE PREDITTIVA E IL SUPPORTO ALLE DECISIONI

### **CAPITOLO 8 - RISULTATI**

- 8.1 RISULTATI DELL'ARCHITETTURA DI DIGITAL TWIN
- 8.2 VERSO L'INTEGRAZIONE DEL DIGITAL TWIN E L'INNOVAZIONE TECNOLOGICA

### **CAPITOLO 9 - RIFLESSIONI E CONCLUSIONI**

- 9.1 LA TRASFORMAZIONE DIGITALE NELLA GESTIONE E CONSERVAZIONE DEL POLICLINICO UMBERTO I: DALLE METODOLOGIE H-BIM VERSO I DIGITAL TWIN
- 9.2 LA RIVOLUZIONE DEI SISTEMI COMPLESSI E IL RUOLO CRUCIALE DEL DIGITAL TWIN
- 9.3 SOLUZIONI PER L'IMPLEMENTAZIONE DI GEMELLI DIGITALI NELL'ASSISTENZA SANITARIA E NELLA GESTIONE INTELLIGENTE DEGLI EDIFICI



## ABSTRACT

La tesi di Dottorato esplora l'impatto trasformativo della tecnologia Digital Twin nel campo dell'architettura, evidenziando il suo ruolo fondamentale nel rispondere alle dinamiche complesse delle esigenze architettoniche attuali. Attraverso l'ottimizzazione delle prestazioni e il miglioramento dei processi di controllo della qualità, il Digital Twin emerge come uno strumento cruciale nelle pratiche architettoniche moderne.

La ricerca mira a stabilire una metodologia per il controllo della qualità applicata a un modello informativo digitale, implementato specificamente su un edificio del Policlinico Umberto I. Questo approccio va oltre la tradizionale modellazione tridimensionale, offrendo una rappresentazione contestuale e dinamica che integra gli stati passati, presenti e potenziali futuri dell'ambiente costruito, sfruttando i progressi nei dispositivi IoT e nell'Intelligenza Artificiale.

Il contributo principale di questa tesi è lo sviluppo di un'architettura Digital Twin progettata per fornire dati in tempo reale, analisi avanzate e capacità di apprendimento automatico. Questa architettura si rivela fondamentale nella rilevazione precoce di allarmi e nell'apprendimento da situazioni o asset simili. La sua natura predittiva, potenziata dall'integrazione dell'IA, permette di anticipare e identificare problemi potenziali, suggerendo azioni correttive.

Questa ricerca offre uno sguardo sull'architettura dei Digital Twins, esplorando come possano contribuire a migliorare le prestazioni degli edifici e a gestire le sfide operative. I risultati potrebbero essere d'aiuto nel futuro della progettazione e della manutenzione architettonica, suggerendo modi per incorporare strumenti digitali avanzati nel settore.

---

*This PhD thesis explores the transformative impact of Digital Twin technology in the field of architecture, highlighting its fundamental role in responding to the complex dynamics of current architectural demands. Through optimizing performance and enhancing quality control processes, the Digital Twin emerges as a crucial tool in modern architectural practices. The research aims to establish a methodology for quality control applied to a digital informational model implemented explicitly on a building at Policlinico Umberto I. This approach goes beyond traditional three-dimensional modeling, offering a contextual and dynamic representation that integrates the built environment's past, present, and potential future states, leveraging advances in IoT devices and Artificial Intelligence.*

*The main contribution of this thesis is the development of a Digital Twin architecture designed to provide real-time data, advanced analytics, and machine learning capabilities. This architecture proves fundamental in the early detection of alarms and learning from similar situations or assets. Its predictive nature, enhanced by AI integration, allows for anticipating and identifying potential problems and suggesting corrective actions.*

*This research provides insights into the architecture of Digital Twins, exploring how they can contribute to improving building performance and managing operational challenges. The results could be beneficial in the future of architectural design and maintenance, suggesting ways to incorporate advanced digital tools into the sector.*

## PREMESSA

In conformità con i principi delineati dal Consiglio Universitario Nazionale per il settore scientifico disciplinare della Tecnologia dell'architettura (ICAR/12)<sup>(1)</sup>, il concetto di Digital Twin si distingue non solo come avanzamento tecnologico di rilievo, ma anche come fulcro di una visione olistica che abbraccia l'intero ciclo vitale dell'edilizia. Questa tecnologia si allinea perfettamente agli obiettivi del settore, proponendo soluzioni innovative che vanno oltre la tradizionale gestione degli edifici. Il Digital Twin, infatti, permette un'integrazione senza precedenti di dati e processi, garantendo una visione complessiva che ottimizza tutte le fasi, dalla progettazione alla manutenzione, enfatizzando l'importanza di un approccio che considera ogni aspetto dell'edificio come parte di un sistema interconnesso e dinamico.

Il progetto di ricerca si colloca nel dominio della "Progettazione tecnologica e ambientale dell'architettura", nel tentativo di dimostrare l'abilità del Digital Twin di innovare e arricchire il campo dell'architettura. La ricerca contribuisce all'adozione di pratiche sostenibili e a un coinvolgimento più profondo nel ciclo di vita completo degli edifici, dalla fase di progettazione iniziale fino a quella di manutenzione e ristrutturazione.

Il focus sulle applicazioni del Digital Twin nelle fasi post-costruttive si allinea con gli obiettivi di studio nell'ambito della disciplina ICAR/12 di "esplorare tecnologie per la manutenzione e trasformazione dell'ambiente costruito". La valutazione dell'efficacia del Digital Twin in queste fasi sottolinea il suo ruolo chiave nel monitoraggio e nell'ottimizzazione della gestione a lungo termine degli edifici, garantendo un impatto sostenibile e durevole nel settore architettonico.

Questa ricerca ha suscitato una riflessione sulla necessità di adottare un approccio integrato che riabiliti il significato dell'evoluzione tecnologica nell'applicazione pratica contemporanea di nuovi strumenti, come il Digital twin, per la progettazione. Tale prospettiva enfatizza l'importanza di una metodologia

---

(1) Declaratoria - Codice progressivo SSD 08/08/03, Denominazione SSD Progettazione tecnologica e ambientale dell'architettura, Settore scientifico disciplinare ICAR/12 Tecnologia dell'architettura - GSD di afferenza 08/08 design, tecnologia dell'architettura, architettura tecnica e gestione dell'ambiente costruito: "I contenuti disciplinari riguardano conoscenze, metodi e strumenti per la programmazione, metaprogettazione, progettazione, realizzazione, gestione, dismissione di interventi alle varie scale. La tecnologia è assunta come fattore evolutivo per conseguire qualità architettonica, ecosistemica, tecnica e generare habitat che rispondano alle sfide climatica, abitativa, sociale, energetica, produttiva, nella prospettiva di transizione ecologica e digitale, secondo visioni environment e human centred. Le metodologie si basano su obiettivi di sostenibilità, circolarità, resilienza, neutralità climatica e su approcci sistemici, sperimentazione progettuale, fattibilità, performatività, verificabilità degli esiti di strategie, processi, progetti e valutazione dei loro impatti. Principali ambiti di studio sono: cultura tecnologica della progettazione dell'architettura; progettazione ambientale; cultura materiale; innovazione tecnologica, sociotecnica e digitale di processo, progetto, prodotto; uso sostenibile di energia e risorse; rigenerazione, recupero e manutenzione dei patrimoni; accessibilità; gestione di processi; normative, materiali, sistemi e tecniche costruttive nella loro evoluzione". (Fonte: Allegato declaratorie GSD SSD, 2023, Consiglio Universitario Nazionale, p. 251, URL: [www.cun.it](http://www.cun.it).)

che sia allo stesso tempo innovativa e radicata in un profondo sostrato culturale, in sintonia con la visione della Tecnologia dell'architettura.

Il Digital Twin si afferma come un elemento trasformativo fondamentale nel campo dell'architettura. Questa ricerca ha rivelato il suo potenziale non solo come strumento tecnologico avanzato, ma anche come catalizzatore di un futuro in cui l'architettura sia più integrata, sostenibile e reattiva alle mutevoli necessità delle società contemporanee. Le approfondite analisi fornite mirano a delineare nuove prospettive per la ricerca futura e le applicazioni pratiche, offrendo un uno stato di avanzamento sulla comprensione e sull'utilizzo del Gemello Digitale in architettura.

Dunque, il presente studio si allinea con la Tecnologia dell'Architettura intesa come "fattore evolutivo per conseguire qualità architettonica, ecosistemica, tecnica e per generare habitat rispondenti alle sfide climatiche, abitative, sociali, energetiche e produttive, nel contesto di una transizione ecologica e digitale, orientata verso visioni incentrate sull'ambiente e sull'essere umano".

### ***Il Digital Twin uno strumento chiave nel supportare e dirigere l'evoluzione tecnologica e digitale nel settore delle costruzioni.***

Il presente studio di Dottorato si focalizza sull'analisi del Digital Twin nel contesto del ciclo di vita dell'edilizia, esaminando le sfide emergenti nel settore delle costruzioni. Questo include l'indagine di metodi e strumenti per la metaprogettazione, la progettazione, la realizzazione e la gestione di interventi architettonici a diverse scale, enfatizzando la qualità architettonica e la risposta alle sfide climatiche, abitative e sociali nell'ambito della transizione ecologica e digitale.

Lo strumento di Digital Twin può rilevarsi cruciale per il processo decisionale consapevole, orientato verso obiettivi di sostenibilità, circolarità e resilienza. Lo studio mette in evidenza la necessità di una metodologia inclusiva che integri conoscenze e tecniche diverse, promuovendo un modello di progettazione sia tecnologicamente avanzato che incentrato sull'ambiente e sull'individuo.

Il Digital Twin viene esaminato come un elemento chiave per il raggiungimento di una qualità architettonica ecosistemica e tecnologica, fondamentale nella creazione di habitat rispondenti alle sfide contemporanee.

Il presente lavoro propone un sistema informativo digitale integrato, sfruttando le moderne Information and Communication Technologies, per offrire una visione complessiva e dinamica dell'intero progetto architettonico. Ciò consente di sfruttare proattivamente il valore sinergico di dati e modelli provenienti da varie discipline [2].

La cultura tecnologica della progettazione consente di strutturare e articolare, attraverso relazioni, un'ampia gamma di conoscenze, fungendo da fonte di documentazione e di scenari tecnici possibili, nonché da filtro critico per le scelte

---

<sup>2</sup> Bertoldini M., Zapelli M. (1992), Atti tecnici e cultura materiale, Città Studi, Milano.

progettuali [3]. La proposta operativa è caratterizzata da una metodologia aperta che facilita l'accesso alle tecniche più appropriate [4]. In questo contesto, emergono nuovi spazi per le tecnologie che influenzano l'intero processo di ideazione, progettazione, costruzione e utilizzo dell'architettura. Le nuove modalità operative derivano dalla fase euristica di progettazione, intesa come un momento di ricerca e sperimentazione dove risorse creative e vincoli tecnici collaborano per sviluppare soluzioni innovative [5].

Il processo progettuale, come illustrato in questo studio, si inserisce in un contesto ampio che richiede un dialogo critico con le esigenze sociali, l'impatto economico e le motivazioni sottostanti alla produzione. Ciò implica una corrispondenza attenta tra i piani progettuali e le aspettative delle comunità e degli individui, oltre la semplice dimensione tecnica [6].

La complessità dei temi affrontati richiede un impegno responsabile da parte di tutti i soggetti coinvolti, inclusi i committenti, sia pubblici che privati. Questo impegno si traduce nella definizione di requisiti chiari in termini di sostenibilità, uso delle tecnologie digitali e resilienza. La ricerca enfatizza l'importanza di un coinvolgimento specializzato nel progetto, in grado di fornire risposte competenti in un panorama in rapida evoluzione.

Il coordinatore del progetto dovrebbe agire come moderatore del gruppo di progettazione, bilanciando le diverse sollecitazioni disciplinari. Questo ruolo richiede una consapevolezza culturale, una responsabilità etica e un impegno costante nella ricerca tecnologica e nella didattica progettuale, come suggerito da Campioli [7]. Non esistono risposte certe o soluzioni definitive, ma è necessario investire uno sforzo considerevole in questa direzione per rispondere in modo efficace alle richieste emergenti nel dominio dell'architettura e della cultura tecnologica [8].

Il Digital Twin facilita la strutturazione e l'articolarietà delle varie fasi del processo progettuale, contribuendo a decisioni più informate e critiche, in linea con le esigenze sociali, economiche e produttive.

---

<sup>3</sup> Basalla, G. (1988), *The Evolution of Technology*, Cambridge University Press, Cambridge, 1988 (tr. it. di Aldo Serafini, *L'evoluzione della tecnologia*, Rizzoli, Milano, 1991).

<sup>4</sup> Bertoldini M. (1996), *La cultura materiale e lo spazio costruito. Osservazioni e verifiche*, Angeli, Milano.

<sup>5</sup> Nardi G. (2001), *Cultura tecnologica e progetto di architettura*, in *Tecnologie dell'architettura. Teorie e storia*, Libreria CLUP, Milano

<sup>6</sup> Campioli A. (2017), *Il carattere della cultura tecnologica e la responsabilità del progetto*, in *Techne 13 Teorie Prassi Progetto Journal of Technology and for Architecture and Environment*, Firenze University Press, Firenze

<sup>7</sup> Campioli A. (2017), *Il carattere della cultura tecnologica e la responsabilità del progetto*, in *Techne 13 Teorie Prassi Progetto Journal of Technology and for Architecture and Environment*, Firenze University Press, Firenze

<sup>8</sup> Bertoldini M., Zapelli M. (1992), *Atti tecnici e cultura materiale*, Città Studi, Milano.

## ***Interconnessione tra l'evoluzione tecnologica, la normativa e l'industrializzazione nel settore edilizio italiano.***

La presente ricerca esamina il connubio tra l'evoluzione tecnologica nell'architettura e la diffusione della cultura tecnologica nella progettazione. L'analisi evidenzia l'emergere di "approcci progettuali integrati" e l'interoperabilità, riconoscendo il potenziale trasformativo dell'integrazione dei diversi contributi nel processo di progettazione e costruzione [9].

Si osserva inoltre l'impatto significativo dell'evoluzione della tecnologia dell'informazione sul lavoro dei progettisti, dalla sua introduzione nei grandi studi di progettazione negli anni '70 fino alla sua organizzazione interconnessa dagli anni '90. L'efficacia del computer in questo contesto dipende dalla capacità di modellare accuratamente le informazioni.

Il progresso nelle reti informatiche ha portato a una rivoluzione nella gestione delle informazioni, con la digitalizzazione che ha facilitato l'archiviazione e la condivisione di grandi quantità di dati utili in tutte le fasi del processo costruttivo. Il Decreto n.560 del 2017 ha segnato un punto di svolta per il settore edilizio, introducendo l'obbligo di utilizzare metodi e strumenti elettronici e influenzando la formazione di futuri architetti e ingegneri.

Nel quadro di questo studio, si pone un'attenzione particolare al ruolo della normativa come elemento chiave nell'organizzazione, programmazione, direzione e controllo dei processi edilizi. Questo aspetto si rivela cruciale per definire metodologie e strumenti efficaci che dirigano la gestione delle diverse fasi costruttive, in perfetta sintonia con le linee guida relative alla Tecnologia dell'architettura. L'accento è posto sulla delineazione di norme e obiettivi qualitativi che orientino un approccio innovativo nel campo della progettazione, produzione e costruzione.

Un'analisi storica approfondita, basata sul volume 'Normativa tecnica ed industrializzazione dell'edilizia' (1979), mette in evidenza gli effetti benefici del Piano Decennale dell'Edilizia (legge n.457/78) sull'industria edilizia italiana. Questa riflessione sottolinea l'importanza di razionalizzare il ciclo produttivo mediante l'integrazione di metodologie industriali, come delineato nella declaratoria che considera la "tecnologia come fattore evolutivo per conseguire qualità architettonica, ecosistemica, tecnica".

L'industrializzazione, ponendo la progettazione al nucleo del processo produttivo, implica un livello elevato di competenza da parte dei progettisti e degli operatori, mirando a ridurre i margini di errore. Questo approccio rispecchia fedelmente gli obiettivi della Tecnologia dell'Architettura, incentrati sull'uso di "tecnologie avanzate per migliorare l'efficienza economica e ridurre i rischi associati ai cantieri edili".

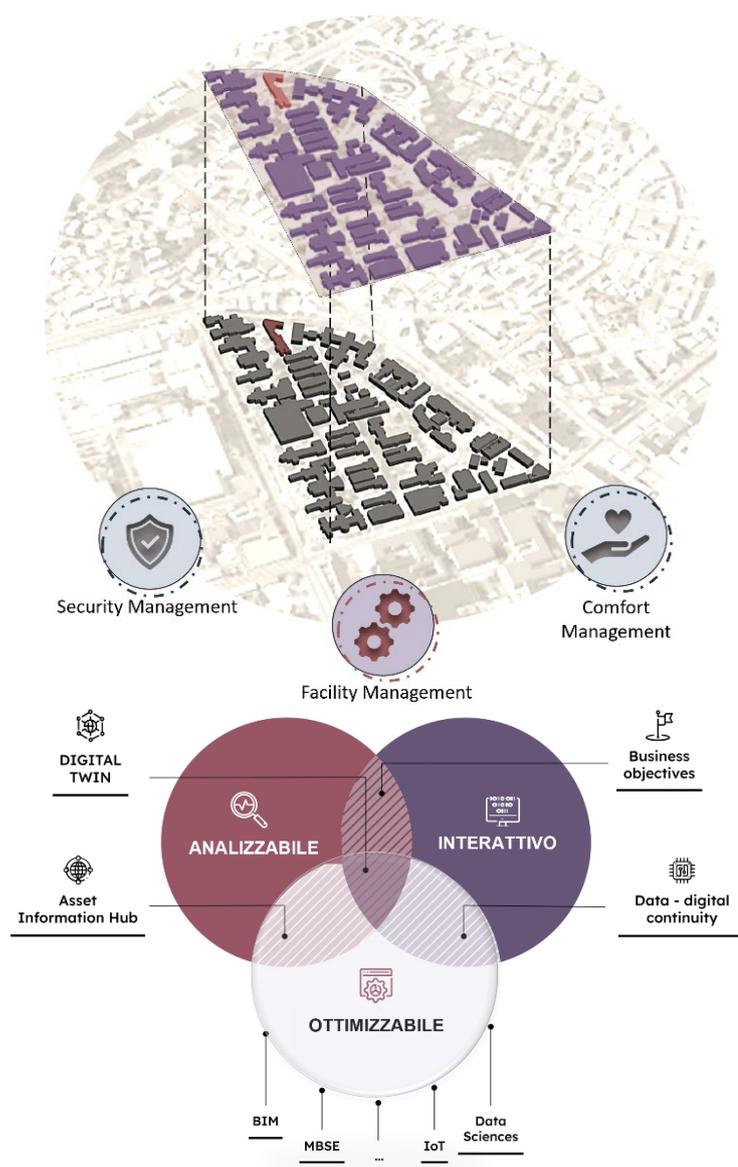
Inoltre, l'analisi del processo edilizio, come definito dall'Ente Nazionale Italiano di Unificazione (Uni), illumina l'adattamento operativo del settore all'innovazione

---

<sup>9</sup> Mazzarella M. (1992), *Storicità, tecnica e architettura*, in Virginia Gangemi, *Cultura e impegno progettuale*, Angeli, Milano.

tecnologica. Questa evoluzione, che estende la definizione del processo costruttivo includendo attività sia pre che post-costruzione, enfatizza l'importanza di una gestione e manutenzione efficaci, in conformità agli obiettivi di "sostenibilità, circolarità, resilienza, neutralità climatica" secondo quanto stabilito nella dichiarazione ICAR/12.

L'industrializzazione nell'edilizia ha incoraggiato un approccio metodologico "sistemico" nella progettazione, instaurando una correlazione rinnovata tra progetto e prodotto. La normativa, in questo contesto, agisce come un faro per una gestione efficiente ed efficace del processo edilizio industrializzato, fornendo un quadro normativo e strategico per il raggiungimento degli obiettivi predefiniti, in perfetta armonia con la direttiva di ICAR/12 su "gestione di processi; normative, materiali, sistemi e tecniche costruttive nella loro evoluzione".



## **INTRODUZIONE**

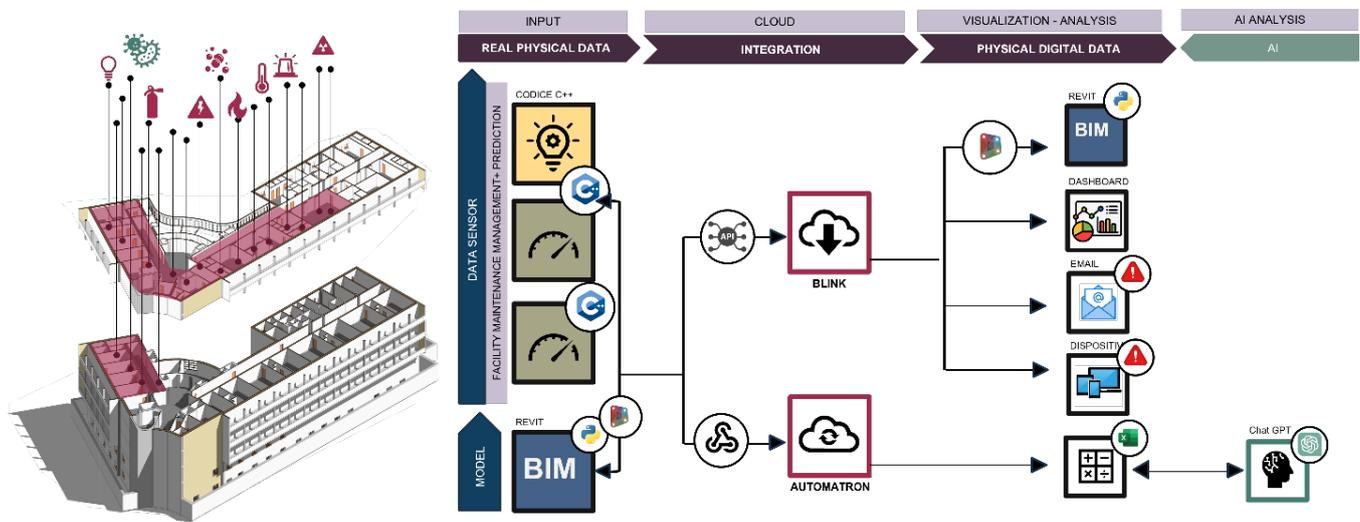
Il periodo che stiamo attraversando è ricco di cambiamenti. Da una parte andiamo incontro un cambiamento che attiene alla fase di transizione ecologica e digitale, che ovviamente mette in evidenza nuove sperimentazioni, nuovi modi di lavorare, nuovi strumenti e nuove competenze. Dall'altra la stessa fase pandemica che abbiamo vissuto e stiamo ancora vivendo, in cui le incertezze e le instabilità sono aumentate e hanno creato un'urgente necessità di ripensare gli spazi urbani, gli edifici e di promuovere un maggiore senso di tranquillità, sicurezza e vivibilità. Di fronte a questa fase di repentine novità, l'innovazione tecnologica è certamente uno strumento per garantire il miglioramento della società. L'architettura non ha come compito solo quello di dare una soluzione, ma anche quello di contribuire all'evoluzione umana utilizzando le nuove conoscenze e gli strumenti disponibili. Un sistema informativo digitale garantisce una visione completa e dinamica dell'intero progetto, ma oggi, grazie alle numerose nuove Information and Communication Technologies, si può costruire un sistema completo in grado di sfruttare in modo proattivo il valore combinato di dati e modelli interdisciplinari. In questa ricerca si propone una metodologia per la progettazione e l'implementazione del controllo di qualità applicata su un modello informativo digitale, sviluppando un vero e proprio Digital Twin come strumento di analisi e valutazione di possibili scenari a supporto del decision making, al fine di simulare, prevedere e misurare gli impatti sia sull'edificio, sulle infrastrutture, sull'ambiente e sulla società. Quindi un modello che può essere analizzato e ottimizzato, nonché interattivo.

### ***Metodo, articolazione e fasi della ricerca***

In relazione agli obiettivi sopra riportati, la metodologia di sviluppo della ricerca si articola nelle seguenti fasi:

- **Prima Fase:** Contestualizzazione scientifica del problema. Durante questa fase, vengono analizzate le motivazioni che hanno avviato il percorso relativo alle principali trasformazioni e all'innovazione negli strumenti e nei metodi di controllo della qualità progettuale e realizzativa in ambito tecnologico determinati dalla digitalizzazione. In parallelo a questa fase iniziale, è stato condotto uno studio approfondito dello stato dell'arte, articolato in due ambiti: lo stato dell'arte degli strumenti digitali e l'evoluzione dell'innovazione digitale del Digital Twin.
- **La seconda fase** riguarda la messa a punto della metodologia che sarà applicata sul caso studio. Con questo intento sono state adoperate le diverse metodologie disponibili relative al Facility Management, Energy Management, Security Management e Ambient Assisted Living, al fine di ottenere informazioni rilevanti e sviluppare un approccio mirato e applicabile al caso studio specifico.

- **La terza fase** si concentra sulla delineazione delle specifiche del caso studio, il quale si colloca all'interno del Blocco Operatorio dell'edificio di Chirurgia Valdoni presso il Policlinico Umberto I.
- Infine, nella **quarta fase**, si procede con l'applicazione della metodologia attraverso lo sviluppo di un modello informativo digitale finalizzato alla configurazione di un'architettura di sistema digitale attiva, fondamentale per l'analisi e l'elaborazione dei dati relativi alla fase di manutenzione e gestione dei processi del ciclo di vita dell'ambiente costruito.



### Motivi del tema scelto

Il processo mediante cui vengono operate le scelte decisionali che si materializzano in fase di progettazione condiziona pesantemente la qualità delle decisioni stesse, così come la finalizzazione delle tecniche innovative necessarie per favorire la cooperazione tra tutti i livelli, mediante l'uso di piattaforme informative che agevolino una reale acquisizione di consapevolezza, aprendo ampi spazi di interesse scientifico di nostra specifica pertinenza.

Con il Decreto 560 del 2017 che obbliga verso un graduale utilizzo di un sistema informativo digitale, attraverso l'introduzione del Building Information Modeling (BIM) con le conseguenti prescrizioni in merito alla interoperabilità dei modelli e delle applicazioni, viene fortemente valorizzato il tema della digitalizzazione del processo edilizio e dello studio dei formati e dei protocolli aperti. Questo tema è già noto, in particolare nella fase progettuale, ma molto meno in quella esecutiva e gestionale del processo edilizio.

La progressiva diffusione dei dispositivi e delle applicazioni Internet of Things (IoT), assieme alla disponibilità di strumenti analitici evoluti e all'emergere delle tecnologie di intelligenza artificiale e machine learning, permette oggi di integrare nei macchinari industriali sensori d'ogni tipo, e di connettere in rete tali attrezzature, per poi monitorarne di continuo lo stato di funzionamento. In base ai dati raccolti, vengono elaborati modelli predittivi che consentono di ottimizzare la strategia di manutenzione.

## **Metodo proposto e il caso di studio**

In questa ricerca si propone una metodologia per la progettazione e l'implementazione del controllo di qualità applicata su un modello informativo digitale, fondamentali per l'analisi e l'elaborazione dei dati relativi alla fase di manutenzione e gestione dei processi del ciclo di vita dell'ambiente costruito. La "modellazione" è parte integrante di un processo BIM che permette di raccogliere tutte le informazioni per la realizzazione di un Digital Twin, ma non si tratta solo della rappresentazione visiva di un modello, bensì del risultato di un insieme di dati e database digitali.

Il caso di studio in questione è il blocco operatorio dell'edificio del dipartimento di chirurgia del complesso del Policlinico Umberto I di Roma.

Al fine di ottenere una costruzione e una gestione ottimale del modello, si è orientati sulle linee guida per la strutturazione del Capitolato Informativo proposta nella norma UNI 11337-6 che ha lo scopo di fornire ai professionisti del settore una linea guida su cui basarsi per elaborare i contenuti fondamentali per l'ottenimento dell'output desiderato in termini di modellazione e gestione del contenuto informativo oggetto dell'attività.

Uno dei vantaggi che promette il Digital Twin è la sua applicabilità con il Building Information Modeling.

Il BIM non fornisce informazioni in tempo reale, cosa invece possibile con il Digital Twin, attraverso la sensoristica IoT applicata. Le informazioni ricavate dall'analisi dei dati vengono gestite automaticamente per migliorare le prestazioni, abilitando servizi e informandoli. La tecnologia che caratterizza il gemello digitale può essere di aiuto per comprendere meglio le esigenze dei clienti, consentendo di apportare migliorie.

Sul fronte tecnologico diverse tipologie di sistemi concretizzano il valore del gemello digitale: la capacità di calcolo, i sensori e la capacità di simulazione/visualizzazione. In modo particolare, vorrei focalizzare l'attenzione sulla capacità di simulazione e visualizzazione, che consentono di raggiungere operazioni predittive/proattive, di monitoraggio costante e di diagnostiche per rilevare rischi inattesi.

## **Il ruolo chiave del Digital Twin**

Un sistema informativo digitale garantisce una visione completa e dinamica dell'intero progetto e a sua volta combinato con la strategia del Digital Twin può essere uno strumento per il controllo della qualità, promuovendo così un'edilizia e una pianificazione più attente alle esigenze di tutti.

Questa tecnologia è destinata nel giro di alcuni anni a modificare radicalmente il modello di gestione del singolo edificio e dei sistemi urbani complessi.

Spero che questa ricerca possa fornire una visione di nuovi metodi e strumenti per la costruzione e la gestione dell'ambiente costruito, che apra ampi spazi nella ricerca nella Tecnologia dell'Architettura, attraverso lo studio di un cospicuo panorama di gemelli digitali, sia in uso che in fase di sviluppo.

