

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale
Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

*Relazione per la prova finale
«Implementazione del digital twin nei magazzini»*

Tutor universitario:

Prof.ssa Finco Serena

Laureando:

Berto Matteo

Padova, 18/03/2024

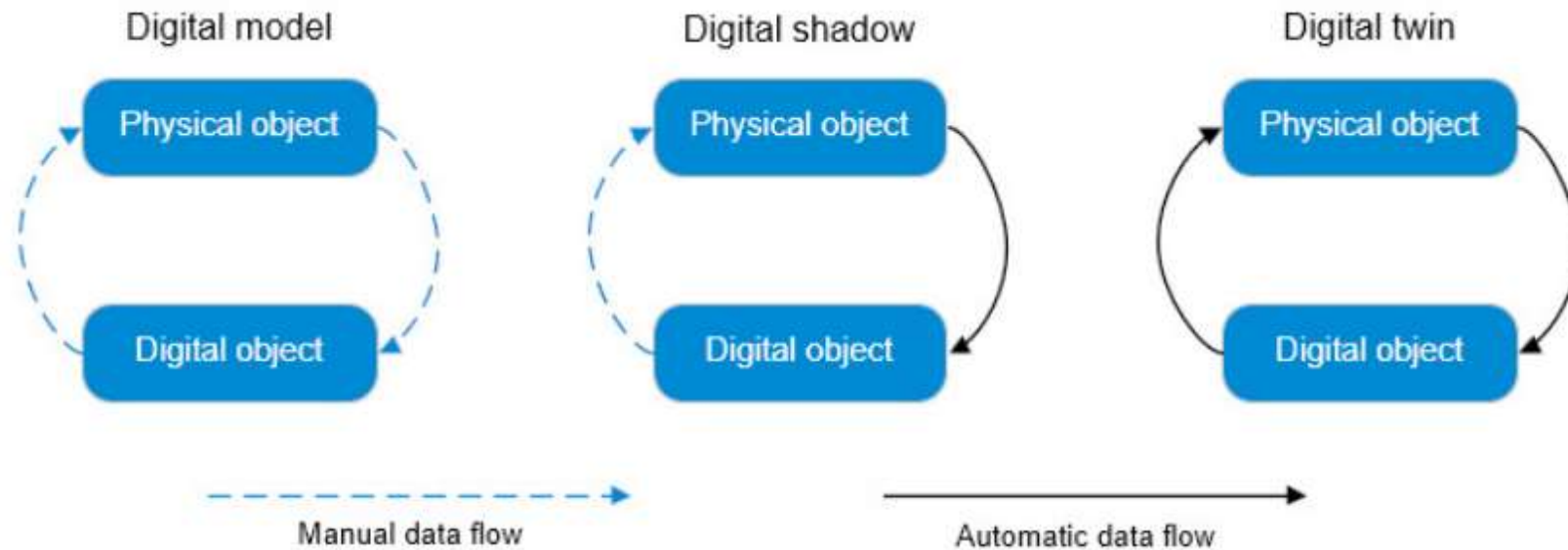
1. Obiettivi del lavoro
2. Introduzione al digital twin: evoluzione e caratteristiche principali
3. Quadro strutturale per l'applicazione ai magazzini
4. Vantaggi e criticità dell'implementazione del digital twin nei magazzini
5. Caso studio: Polo SpA
6. Conclusioni

La tesi si pone di raggiungere i seguenti obiettivi:

- **Conoscere** il funzionamento del digital twin
- **Analizzare** in modo critico l'implementazione del digital twin nei magazzini mettendone in risalto pregi e difetti
- **Valutare** i vantaggi dell'inserimento di un sistema di digital twin all'interno del magazzino automatico di un'azienda del territorio

Ad usare per primo il termine digital twin è **Michael Grieves**, nel 2003, definendolo come un equivalente virtuale digitale ad un sistema o processo fisico.

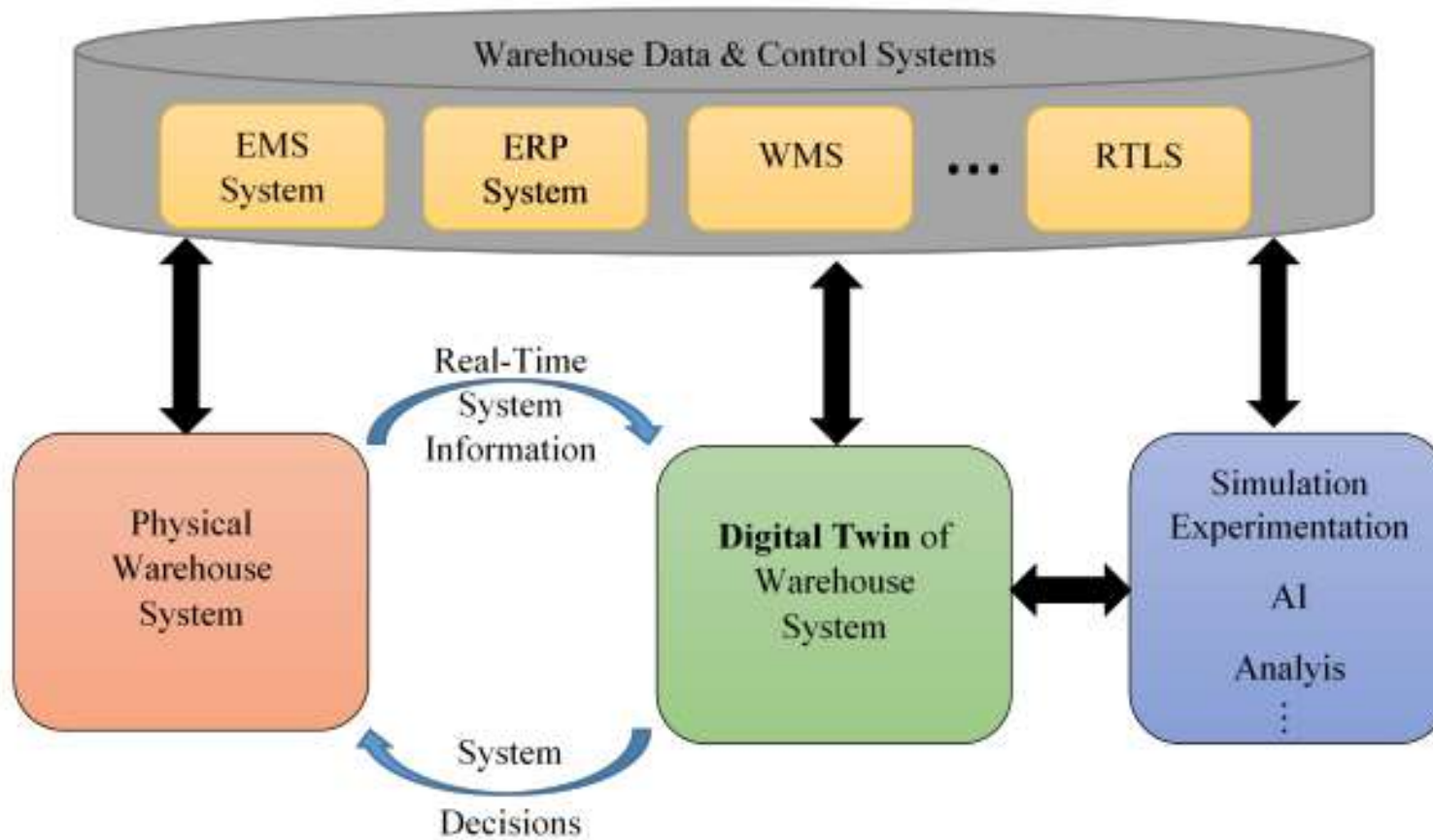
Tuttavia, in letteratura è presente una moltitudine di definizioni successive e per tendere ad una definizione univoca si fa riferimento ai **tre gradi di maturità** del digital twin.



A. Fuller, Z. Fan, C. Day, and C. Barlow, "Digital Twin: Enabling Technologies, Challenges and Open Research," IEEE Access, vol. 8pp. 108952-108971, 2020

A prescindere dall'ambito in cui viene impiegato, è possibile individuare alcune caratteristiche principali proprie del digital twin:

- **Context awareness:** abilità di distinguere in modo significativo i segnali in ingresso
- **Autonomy:** abilità di funzionare senza richiedere l'intervento di un operatore
- **Continuous evolving:** abilità di aggiornarsi continuamente al variare dei dati provenienti dal sistema reale
- **Full lifecycle management:** abilità di seguire l'intero ciclo di vita del sistema reale



M. E. Kuhl, R. Bhisti, S. S. Bhattathiri and M. P. Li, "Warehouse Digital Twin: Simulation Modeling and Analysis Techniques," *2022 Winter Simulation Conference*, Singapore, 2022, pp. 2947-2956

Esempi di applicazioni vantaggiose di digital twin nei magazzini emersi dalla letteratura:

1. Gestione di magazzino con AS/RS:

- Ottimizzazione dell'utilizzo delle risorse per il packing
- Aumento della portata in ingresso e in uscita
- Riduzione dei tempi di calcolo

2. Gestione di magazzino con UAV:

- Facilitazione delle operazioni di inventario
- Sviluppo di soluzioni di stoccaggio

3. Gestione di magazzino con AMRs:

- Assegnazione efficiente di attività
- Pianificazione percorsi per gli AMRs



Leng Jiewu, Yan Douxi, Liu Qiang, Zhang Hao, Zhao Gege, Lijun Wei, Zhang Ding, Yu Ailin, Chen Xin. (2019). Digital twin-driven joint optimisation of packing and storage assignment in large-scale automated high-rise warehouse product-service system. International Journal of Computer Integrated Manufacturing

Esistono diverse criticità riguardanti l'applicazione del digital twin ai magazzini:

- **Interoperabilità dei dati** ostacolata dai diversi standard e formati dei dati scambiati
- Integrazione dei **sistemi legacy** presenti nell'azienda
- Difficoltà di rappresentare sistemi complessi con un modello virtuale ad **alta fedeltà**
- **Requisiti computazionali** necessari sotto forma di risorse di calcolo e di archiviazione
- **Costi elevati** per le infrastrutture e i sistemi impiegati nella raccolta ed elaborazione dei dati
- **Rispetto di sicurezza e privacy** da garantire durante il passaggio dei dati sensibili

Il presente caso studio è stato svolto presso Polo SpA, azienda operante nella distribuzione di prodotti alimentari per la ristorazione.

Lo scopo dell'esperienza è stato avere un riscontro nella pratica dei vantaggi portati da un sistema di digital twin osservati nella letteratura.

POLO
insieme a te in cucina

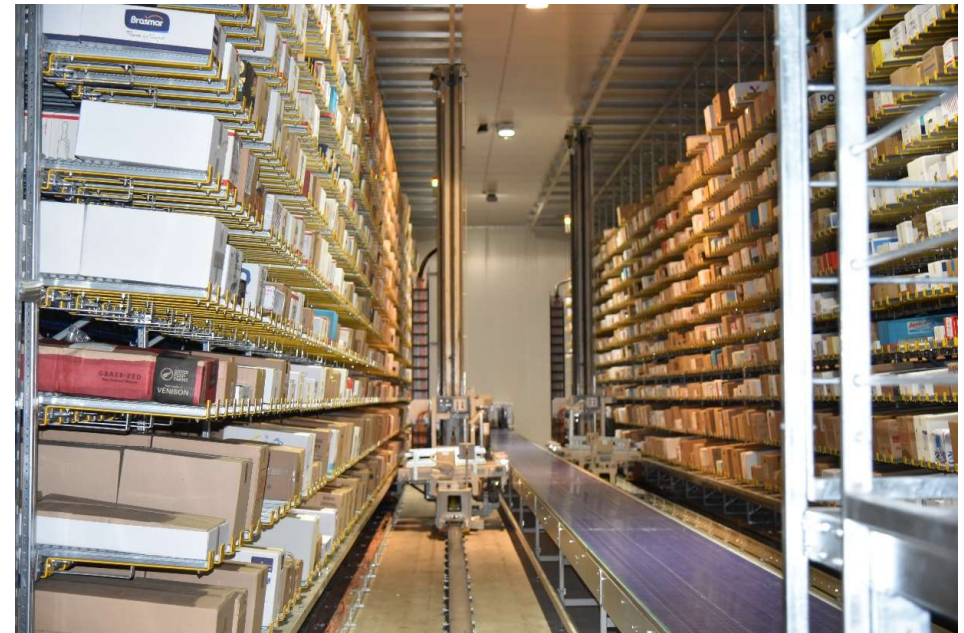
Nelle due visite allo stabilimento di Teolo (PD) si è data risposta alle seguenti domande:

1. Come è organizzato l'ambiente magazzino?
2. Quali tecnologie sono impiegate nella gestione del magazzino automatizzato?
3. Quali sarebbero i vantaggi e le criticità dell'implementazione di un digital twin nel magazzino?

Per conservare i prodotti secchi, freschi, surgelati e congelati all'interno dello stabilimento sono presenti **diversi tipi di magazzino** aventi diversi livelli di automazione.

I magazzini del congelato hanno la capacità di operare costantemente alla temperatura di -25°C e sono suddivisi come segue:

- Magazzino di stoccaggio
- Magazzino a colli con trasloelevatore miniload
- Magazzino a colli con navette



Per la gestione del magazzino l'azienda sfrutta:

1. Software interni sviluppati nel reparto informatico dell'azienda
 - Garantiscono la **connessione** tra il sistema gestionale e i magazzini
 - Assicurano una **soluzione personalizzata** basata sui bisogni dell'azienda
2. Software Dematic
 - Offrono **supporto tecnico** al magazzino a colli più recente
3. Risorse in cloud offerte da Amazon Web Service (AWS)
 - Utili all'**archiviazione** e all'**analisi dei dati**



Dopo aver sperimentato l'utilità di una simulazione del magazzino offerta da Dematic, l'azienda sta valutando l'implementazione di una **simulazione interna**.

Si è potuto discutere con il responsabile del CED sull'utilità di una simulazione interna:

PRO

- Esplorare soluzioni alternative sul magazzino virtuale senza compromettere lo stato di attività del magazzino reale
- Testare il comportamento del magazzino sotto carichi di lavoro eccezionali
- Diagnosticare preventivamente anomalie

CONTRO

- Presenza di sistemi legacy nel reparto informatico dell'azienda
- Necessità di infrastrutture più avanzate per analizzare i dati dei sensori

Alla luce di quanto emerso dallo studio della letteratura e dall'esperienza in azienda, si può affermare che l'implementazione di un sistema di **digital twin** in un **magazzino automatizzato** comporti numerosi **vantaggi operativi**.

Tuttavia, alla base di questa implementazione, devono esserci delle solide **infrastrutture informatiche** in grado di usufruire della grande quantità di **dati** provenienti dai sensori installati nel magazzino.

Infine, con il caso studio presso **Polo SpA** si è potuto constatare che, anche ad un primo grado di maturità, il digital twin garantisce all'azienda che lo adotta un maggior controllo sul magazzino, offrendo la possibilità di ottenere un complessivo **miglioramento delle prestazioni**.