

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

***Relazione per la prova finale  
«Digital Twin nella produzione  
industriale»***

Tutor universitario: Prof. Finco Serena

Laureando: *Menarbin Marco*

Padova, 18/03/2024

**«DIGITAL TWIN NELLA PRODUZIONE INDUSTRIALE»:**

1. INTRODUZIONE E OBIETTIVI
2. IL DIGITAL TWIN
3. APPLICAZIONI NELLA FASE DI PRODUZIONE
4. ESEMPI APPLICATIVI
5. PROBLEMI E LIMITAZIONI DEL DIGITAL TWIN
6. SFIDE E OPPORTUNITÀ DI IMPLEMENTAZIONE
7. DIGITAL TWIN PER LE IMPRESE
8. CONCLUSIONI

La quarta rivoluzione industriale, nota anche come **Industry 4.0**, sta indirizzando l'industria manifatturiera verso la totale automazione e interconnessione all'interno della produzione industriale.



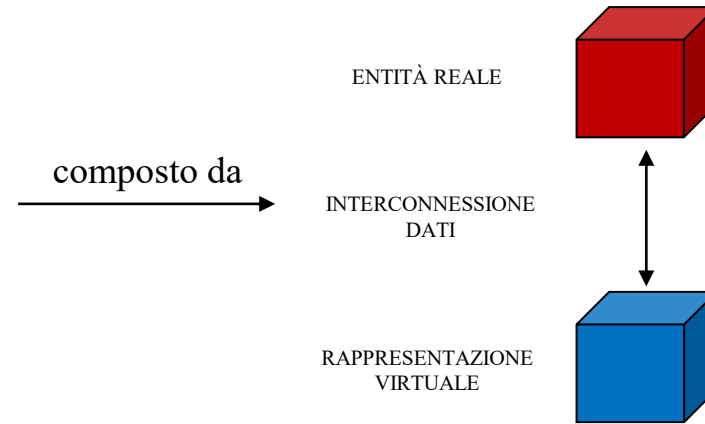
**Digitalizzare** l'industria attraverso la realizzazione di sistemi cyber-fisici favorisce qualità, efficienza e sicurezza.



Il **Digital Twin (DT)** emerge come una delle tecnologie più promettenti. Nasce in una presentazione del 2002 del professore Michael Grieves.

- OBIETTIVI:**
- Descrivere cos'è e come si struttura il gemello digitale
  - Analizzare il suo utilizzo nella produzione industriale
  - Valutare l'utilità e i benefici che ne derivano
  - Illustrare dei casi applicativi
  - Rendere noti i limiti applicativi
  - Studiare le possibilità di miglioramento
  - Valutare il suo utilizzo nel panorama industriale attuale

**1. Cos'è il Digital Twin:** Il Digital twin è una rappresentazione virtuale di un oggetto o di un'entità che fa parte del mondo reale, la quale viene aggiornata attraverso lo scambio di informazioni tra l'ambiente fisico e sistemi virtuali.



**2. Differenze tra Digital Model-Shadow-Twin:**

- Digital Model:** nessuna forma di scambio dati tra oggetto reale e oggetto virtuale
- Digital Shadow:** scambio dati real-time dal sistema fisico al sistema virtuale
- Digital Twin:** flusso di dati tra sistema reale e sistema virtuale in entrambe le direzioni



*Digital Model-Shadow-Twin (The European House-Ambrosetti, 2023)*

### 3. Caratteristiche del Digital Twin:

Il Digital Twin possiede **caratteristiche** e benefici che coinvolgono più aspetti della produzione industriale. Esso si può considerare:

- Multifisico
- Multiscala
- Modellabile
- Dinamico
- Probabilistico
- Multidisciplinare

### 4. Componenti tecnologiche del Digital Twin:

Il Digital Twin deriva dalla **convergenza di diverse tecnologie:**

- Internet of Things
- Cloud e Big Data
- Intelligenza Artificiale
- High Performance Computing
- Connettività
- User Designer Experience

### 5. Principio di Funzionamento:



*Processo iterativo di funzionamento (The European House-Ambrosetti, 2023)*

Nella fase di produzione le materie prime vengono trasformate in prodotti finiti.

Il **DIGITAL TWIN** svolge un ruolo nel

**passato**

→ tiene traccia delle informazioni precedenti

**presente**

→ monitoraggio in tempo reale

**futuro**

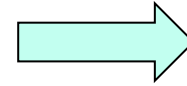
→ supporta il successivo processo decisionale e operativo

**FASE DI  
PRODUZIONE**



- **MONITORAGGIO IN TEMPO REALE**
- **CONTROLLO DELLA PRODUZIONE**
- **PREVISIONE PRESTAZIONALE DEL PEZZO**
- **GESTIONE DELLE RISORSE**
- **COLLABORAZIONE E INTERAZIONE UOMO-ROBOT**
- **VALUTAZIONE E OTTIMIZZAZIONE DEI PROCESSI**
- **PIANIFICAZIONE DELLA PRODUZIONE**

**HUMAN DIGITAL TWIN:** Specifiche **rappresentazioni digitali degli esseri umani**. In altre parole lo HDT è la **controparte dell'essere umano nel mondo digitale**, nel quale vengono riflessi i modelli fisici e fisiologici e viene considerato il sistema che lo circonda (macchine e ambiente).



Permette di considerare le capacità umane in tempo reale, evidenziandone i punti di forza e riuscendo a collocare i lavoratori nelle posizioni più adatte.

funzioni

ASSEGNAZIONE OTTIMALE DELLE ATTIVITÀ DELL'UOMO

COLLABORAZIONE ADATTIVA UOMO-ROBOT

SICUREZZA E GESTIONE DEI LAVORATORI

### 1. Simulazione del processo di assemblaggio del braccio di macchine edili basato sul sistema Digital Twin

Processo:

1. Acquisizione dei dati nel processo reale riguardanti le dimensioni, la tolleranza e il processo
2. Costruzione del modello di assemblaggio del gemello digitale
3. Simulazione da parte del Digital Twin di vari scenari del processo di assemblaggio

### 3. Applicazione del gemello digitale nell'assemblaggio dell'asse posteriore di un'automobile

L'analisi si concentra nell'identificazione delle problematiche sorte durante la sua applicazione:

1. Ritardo di trasmissione dei dati relativi al controllo qualità
2. Insufficiente efficienza degli operatori di calcolo a causa dell'elevata quantità di dati
3. Sicurezza dei dati

### 2. Digital Twin per la garanzia della geometria in tempo reale nella produzione

Il Digital Twin confronta i dati di ispezioni e le correzioni della linea produttiva con il modello di assemblaggio virtuale, riducendo gli errori geometrici. Viene proposto il suo utilizzo in una stazione di saldatura robotizzata autonoma.



Essendo il gemello digitale una tecnologia piuttosto recente, presenta determinati limiti e ampi margini di sviluppo:

- **PROBLEMI DI AVVIO A FREDDO:** tutte quelle complicazioni derivanti dalla **mancanza di informazioni iniziali**, che il gemello digitale utilizza per effettuare previsioni future. Possono mancare informazioni su **nuovi macchinari** o **nuove procedure**, ma anche su **operatori umani**.
- **PROBLEMI DI SCARSITÀ DI DATI:** **mancanza di informazioni su utenti irregolari o molto variabili.** Alcuni esempi possono essere:
  - impianto nel quale i dati storici sulle prestazioni di nuovi flussi di lavoro o processi sono limitati o assenti.
  - presenza di un nuovo tecnico di manutenzione che causa una situazione insolita.

## TERMINOLOGIA

È necessario definire una terminologia standardizzata.

## MATURITÀ TECNOLOGICA

Concentrare sviluppo e risorse nelle tecnologie che presentano un aumento più significativo in termini di efficienza.

## CULTURA ORGANIZZATIVA

Necessità di reciproca collaborazione tra le aziende per raggiungere uno sviluppo sempre più completo.

## AUTOMAZIONE

Automatizzare tutti gli step nell'applicazione del Digital Twin.

## SVILUPPO DI MODELLI COMPUTAZIONALI

Sviluppo dell'intelligenza artificiale/apprendimento automatico.

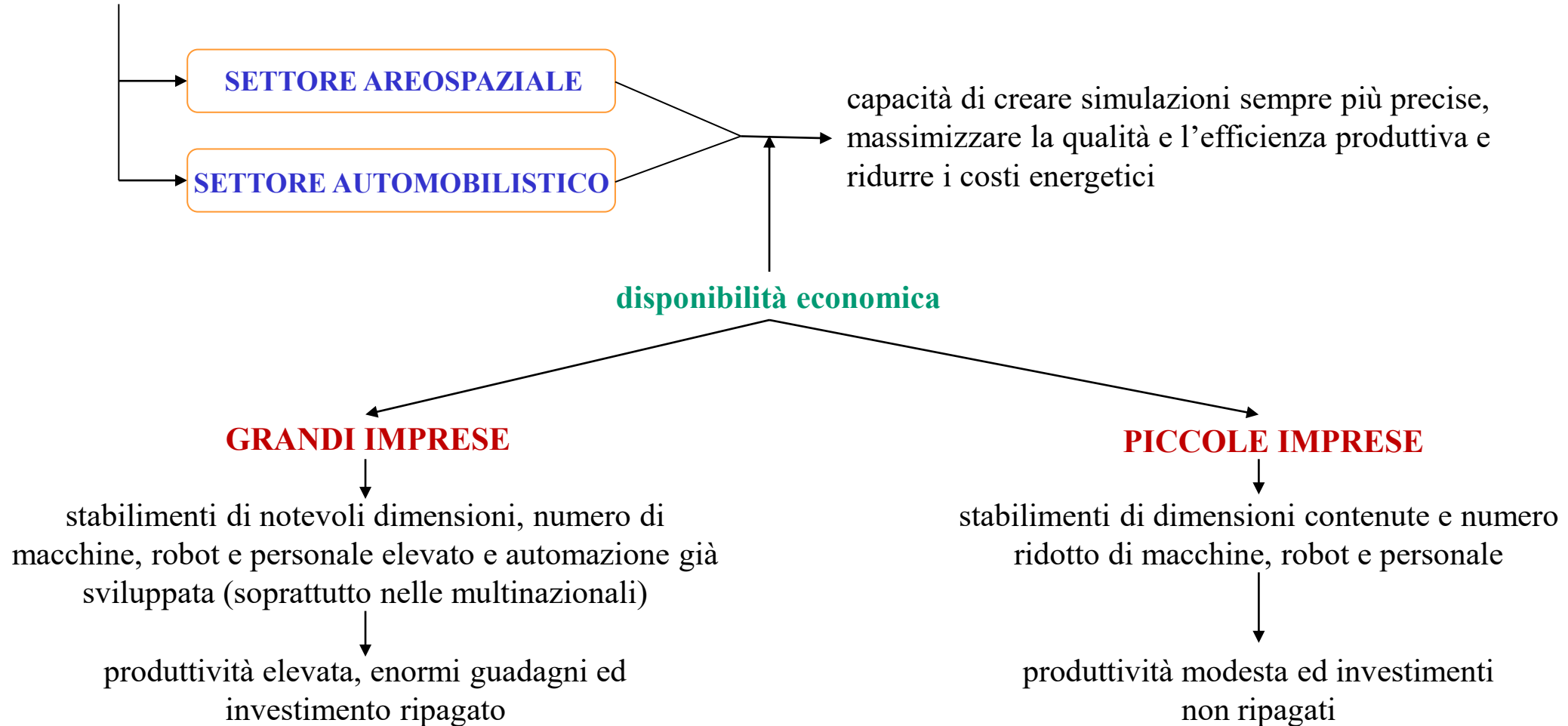
## RIDUZIONE DELL'INCERTEZZA

Ridurre le incertezze nei dati e nei modelli

## MIGLIORAMENTO DELL'INFRASTRUTTURA E DELLA GESTIONE DATI

Migliorare infrastrutture di comunicazione come 5G

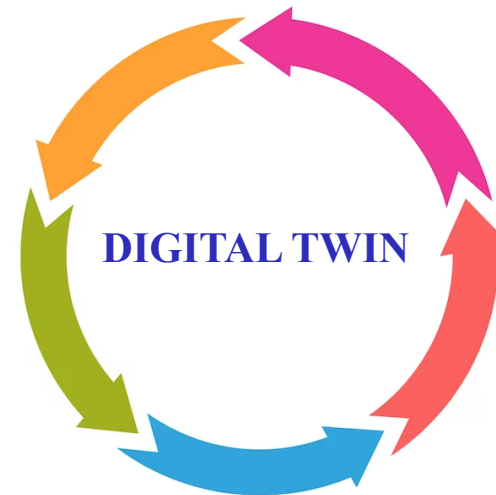
Si nota che le aziende del settore manifatturiero traenti maggiori benefici dall'adozione del sistema Digital Twin sono quelle che già hanno investito nell'Industry 4.0.



1. È una **copia digitale** di un oggetto o sistema fisico.

6. L'**accessibilità** si differenzia tra le piccole e le grandi aziende.

2. Raggruppa vari progressi tecnologici sotto un **unico prodotto**.



5. Necessita di varie tecnologie abilitanti e quindi di **investimenti** notevoli.

3. Aumenta le **prestazioni** dei processi industriali, in particolare nella fase di produzione.

4. Presenta alcuni **limiti** e ampi margini di miglioramento.