divas
DIPARTIMENTO DI MEDICINA VETERINARIA E SCIENZE ANIMALI

Digital Twins per monitorare con più efficacia la mandria e la singola bovina

Francesco Maria Tangorra
Università degli Studi di Milano

Alessandro Bassi
IoT Italy

FierAgricola TECH – Verona, 29 gennaio 2025

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO

In quale contesto ci muoviamo?

10.000 a.C.

Agricoltura 1.0
Agricoltura tradizionale: uso di risorse umane ed animali

1760-1870

Agricoltura 2.0
Agricoltura meccanizzata: uso di macchine e agrochimici

1970

Agricoltura 3.0
Agricoltura parzialmente automatizzata: uso di computer e prime applicazioni di robotica

2003

DT modello concettuale (Grieves)

2013

Agricoltura 4.0
Agricoltura «smart»: uso di IoT, IA, robotizzazione

Applicazione DTs in Industria 4.0

https://www.toobler.com/

2022

Agricoltura 5.0
Efficienza energetica e sostenibilità ambientale

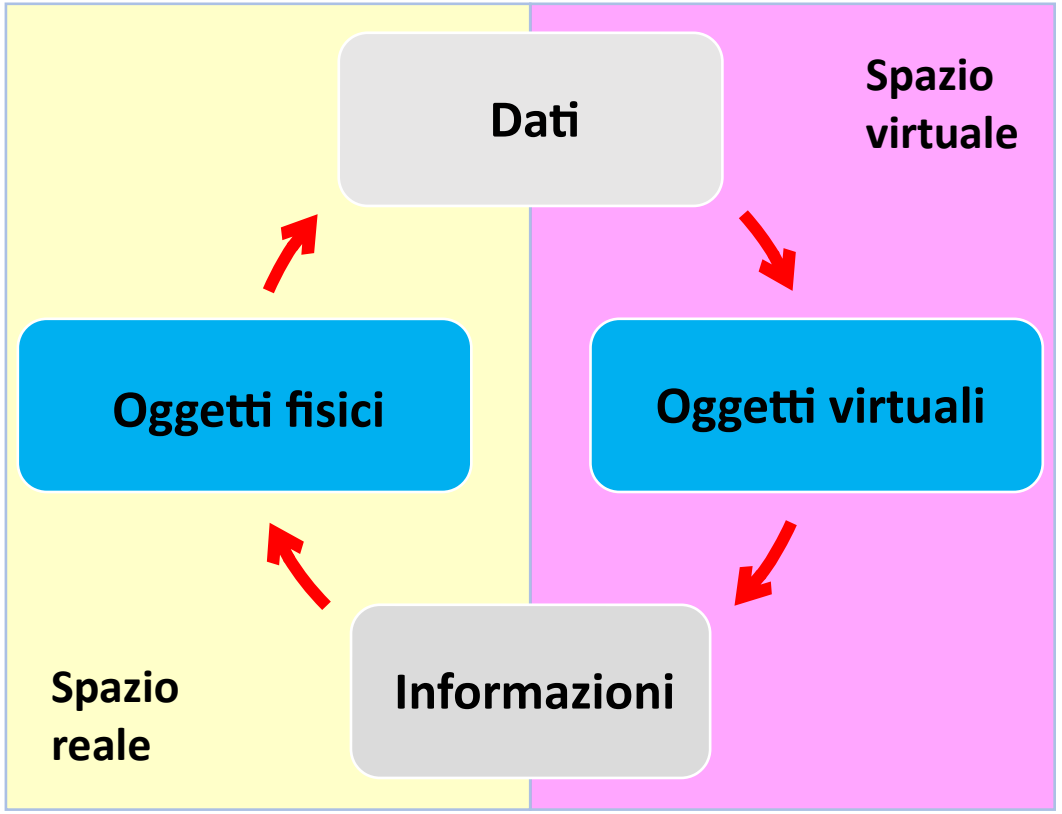
Industria 5.0
Centralità del capitale umano, sostenibilità, resilienza

Industry	Sector	Digital Twin Types and Advantages
Boeing	Aero Manufacturing	The digital twin asset development model has shown a 40% quality improvement in first-time parts/systems to deliver enhanced productivity gains.
Halliburton	Oil Field Service	Using different sensors to capture different dimensions of data while drilling oil wells. Uses this with virtual models to make drilling more efficient.
Dassault	Software	Using digital twins for various parts of the human body, thus, helping people benefit from less invasive and more personalized medical interventions.
Unilever	Fast Moving Consumer Goods	Creating virtual models of its factories to track and improve key factory performance parameters and production variables. Helped save USD 2.8 million.
Royal Dutch Shell	Oil and Gas	Using digital twins to design and recreate realistic real-time models of valuable assets. As a result, are able to reduce maintenance costs, as well as downtime.
Bridgestone	Tire Manufacturer	Experimenting with real-time data from tire sensors to improve precision safety systems.

Neethirajan and Kemp, 2021

Digital Twin (DT)

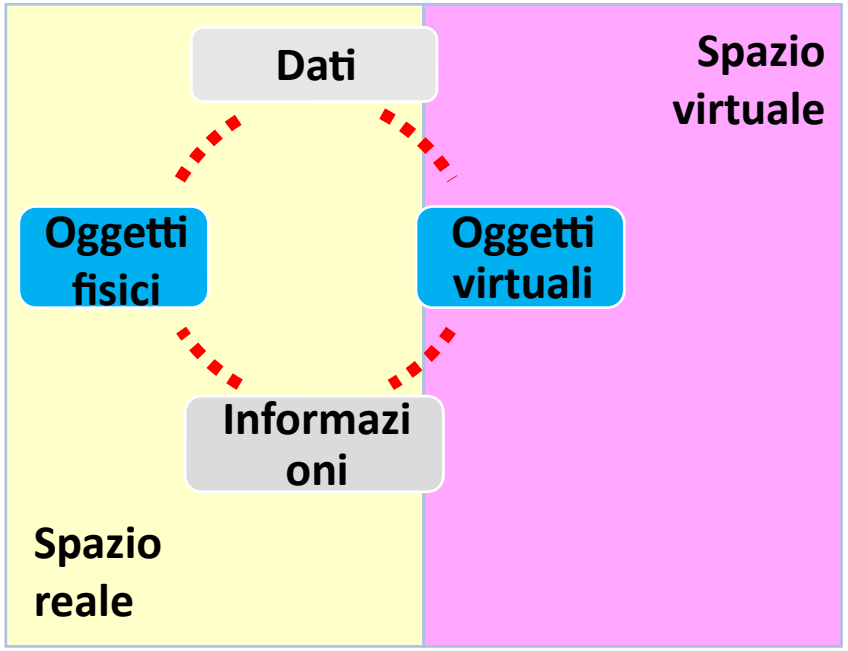
- Rappresentazione digitale di un’entità fisica esistente;
- Sistema costituito da tre sottosistemi principali:
  a) lo spazio reale con gli oggetti fisici;
  b) il cyberspazio con gli oggetti virtuali;
  c) l'interconnessione degli oggetti virtuali e reali tramite dati e informazioni



Relazioni tra spazio reale e spazio virtuale

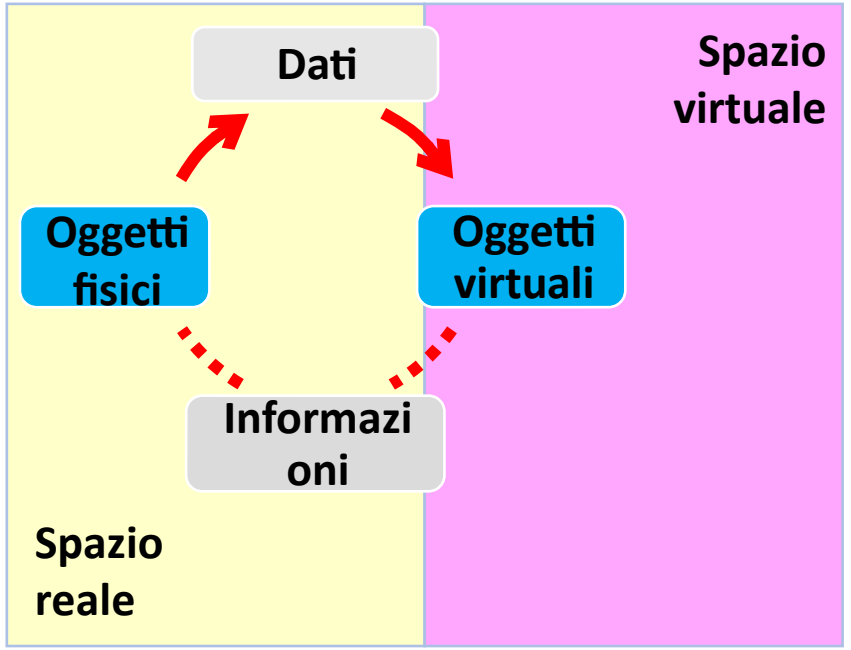
Digital Model (DM), Digital Shadow (DS), Digital Twin (DT)

Digital model



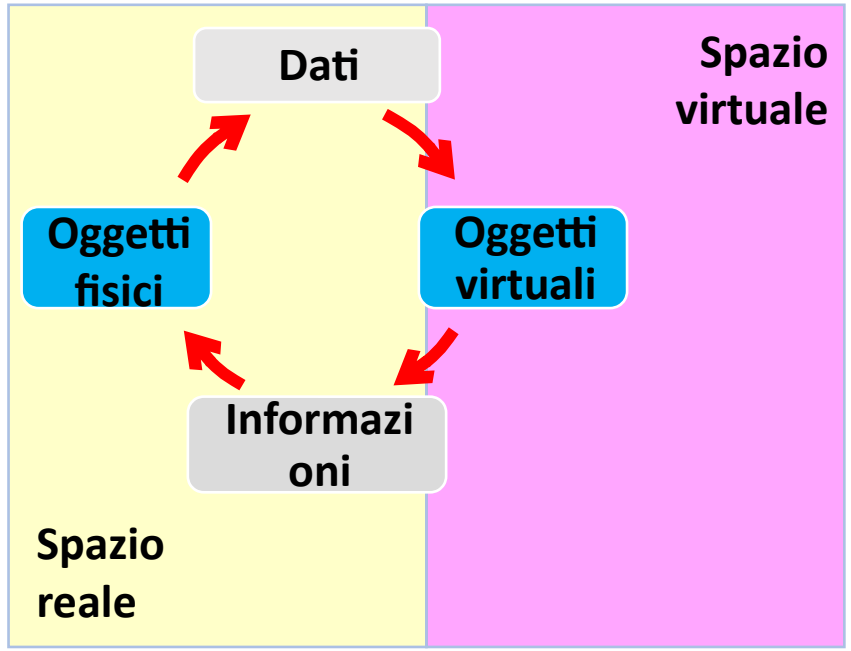
- rappresentazione digitale di un'entità fisica;
- **NO** scambio dati automatico tra prodotto fisico e prodotto virtuale;
- Una **modifica** nel prodotto fisico **non provoca** una modifica nel prodotto virtuale e viceversa.

Digital shadow



- rappresentazione digitale di un'entità fisica;
- **Flusso unidirezionale** e **automatizzato** di dati tra prodotto fisico e prodotto virtuale;
- Una **modifica** nel prodotto fisico **provoca** una modifica nel prodotto virtuale ma **non viceversa.**

Digital twin



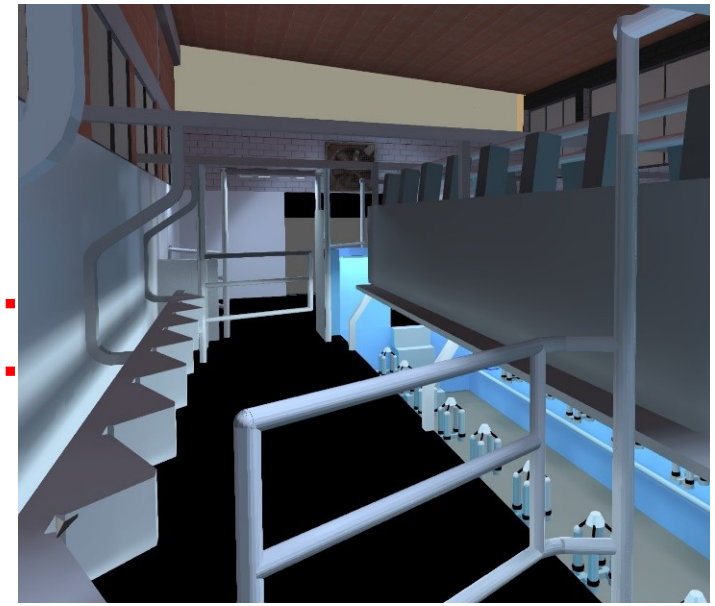
- rappresentazione digitale di un'entità fisica;
- **Flusso bidirezionale** e **automatizzato** di dati/informazioni tra prodotto fisico e prodotto virtuale;
- Una **modifica** nel prodotto fisico **provoca** una modifica nel prodotto virtuale ma **e viceversa.**

Manual dataflow → **Automatic dataflow**

Progetto MungiLUX: Uso efficiente dell'illuminazione artificiale e sfruttamento intensivo della luce naturale nelle sale di mungitura

Modellazione digitale 3D

Sala di mungitura
(oggetto fisico)



Sala di mungitura
(oggetto virtuale)

Vantaggi

- Simulare prestazioni illuminotecniche (conformità norma vigente);
- Visualizzare interazioni luce-elementi strutturali;
- Modificare progetti senza attuare modifiche fisiche;
- Simulare consumo energetico;
- Integrare luce artificiale con luce naturale;
- ….

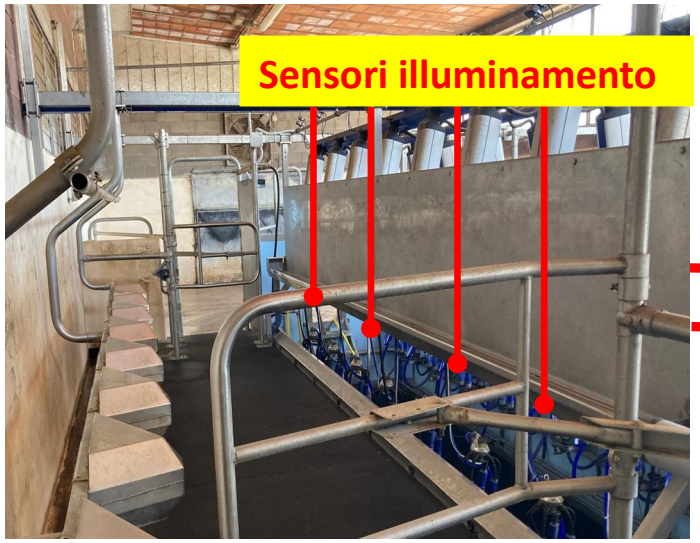
PSR 2014 2020 LOMBARDIA L'INNOVAZIONE METTE RADICI
Regione Lombardia
divas DIPARTIMENTO DI MEDICINA VETERINARIA E SCIENZE ANIMALI
DiSAA DIPARTIMENTO di SCIENZE AGRARIE e AMBIENTALI

Fondo Europeo Agricolo per lo Sviluppo Rurale: l'Europa investe nelle zone rurali

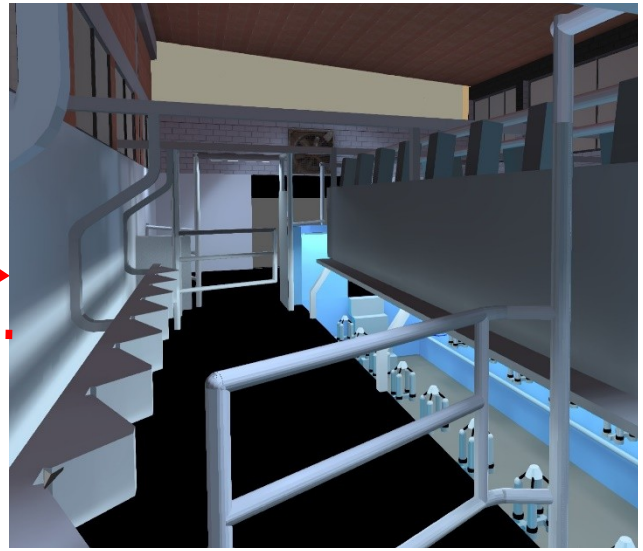
Iniziativa realizzata nell'ambito del Gruppo Operativo MUNGILUX cofinanziato dal FEASR
Operazione 16.1.01 "Gruppi Operativi PEI" del Programma di Sviluppo Rurale 2014-2020 della Regione Lombardia.
Capofila del partenariato è l'Universita degli Studi di Milano, realizzato con la collaborazione di Azienda Agricola Fogliata Giacomo e Società Agricola Giacomelli Roberto Luigi Gianfranco.
Autorità di gestione del Programma: Regione Lombardia

Da DM a DS

Sala mungitura (oggetto fisico)



Sala mungitura (oggetto virtuale)



Scopo:

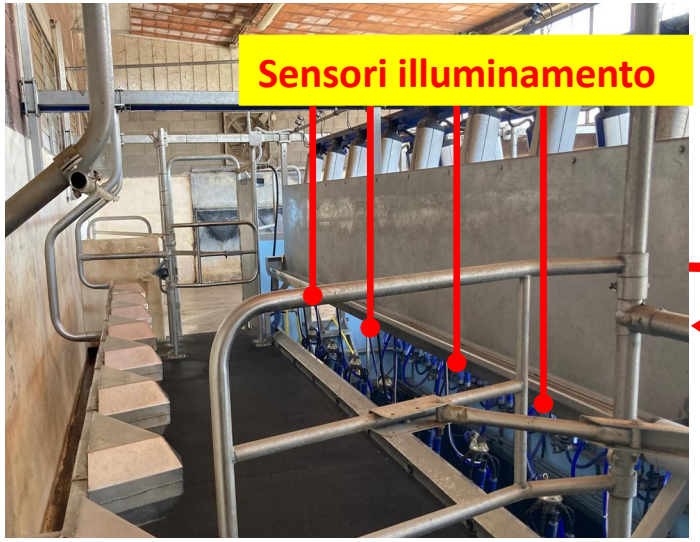
- Prevedere il contributo della luce naturale all'illuminamento delle aree sede del compito visivo del mungitore in base a:
  - Illuminamento esterno;
  - Rapporto illuminante;
  - Orientamento edificio rispetto all'asse eliotermico

Fase 1: raccolta dati;

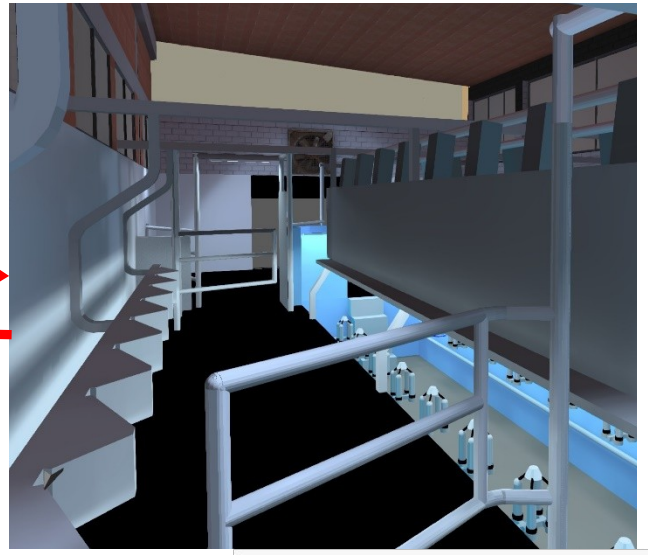
Fase 2: sviluppo del modello predittivo: analisi dati storici e attuali mediante tecniche che integrano algoritmi di apprendimento automatico (ML) e di intelligenza artificiale (AI).

Da DS a DT

Sala mungitura (oggetto fisico)



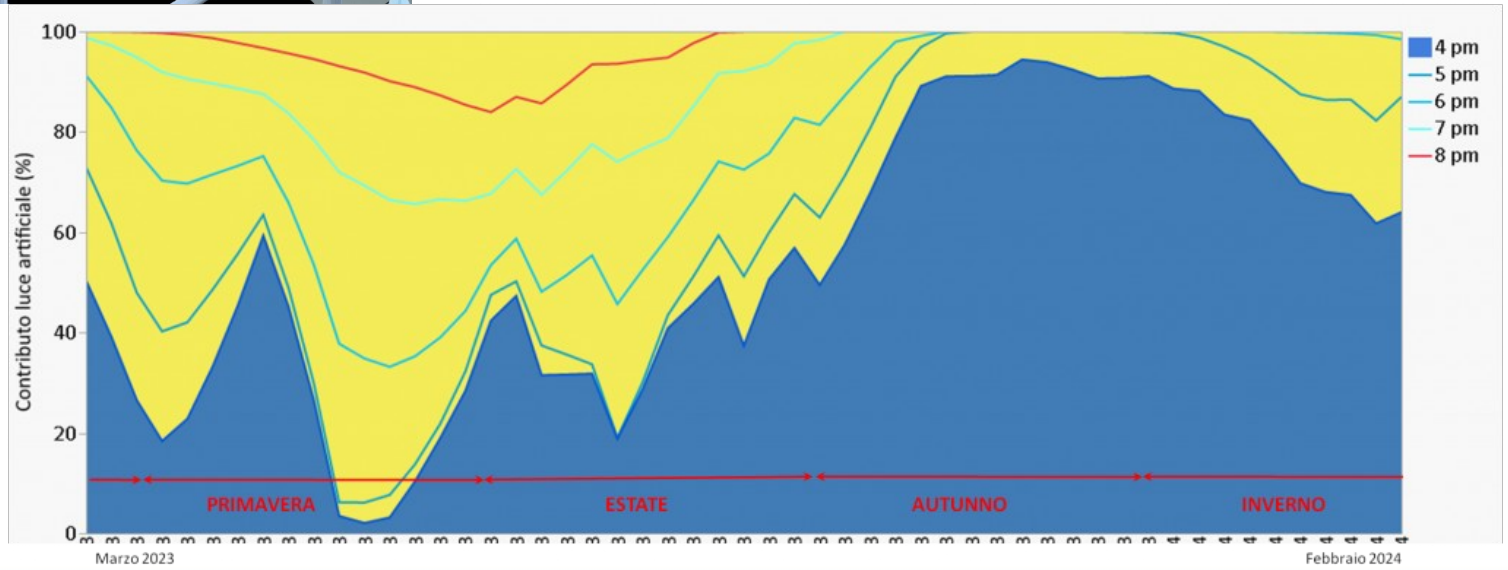
Sala mungitura (oggetto virtuale)



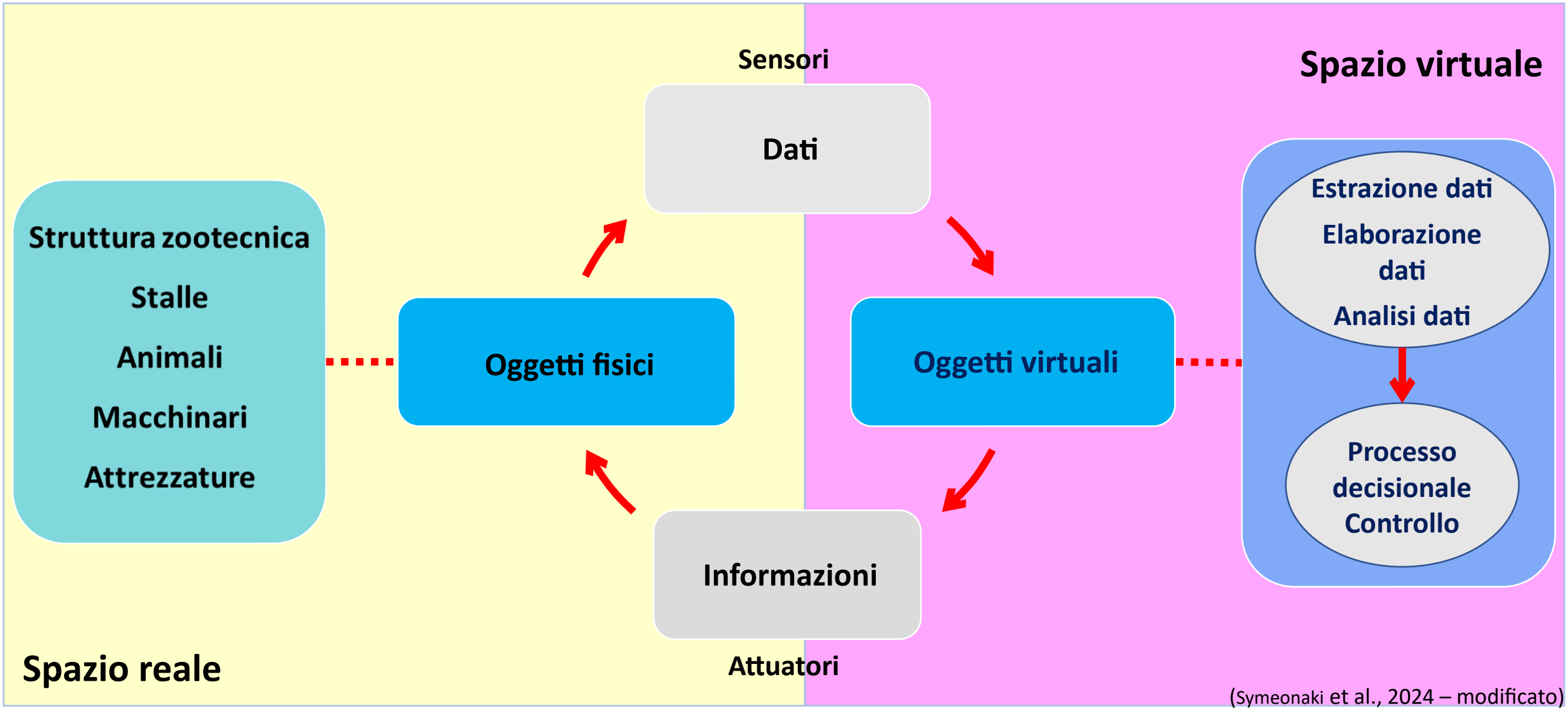
- DT ed oggetto reale lavorano insieme:
  - Rapporto ottimale luce naturale-luce artificiale per soddisfare l'illuminamento delle aree sede del compito visivo del mungitore, secondo norma vigente;
  - Dimmerazione lampade.

Luce artificiale: quanta ne serve?

- Percentuale di luce artificiale necessaria per raggiungere il valore minimo di illuminamento medio mantenuto (E_m= 200 lx, UNI EN 12464-1:2021) nell'area sede del compito visivo del mungitore, in base all'orario d'inizio della mungitura, delle stagioni e delle condizioni atmosferiche.



DTs nelle produzioni zootecniche

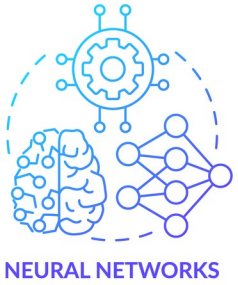


(Symeonaki et al., 2024 – modificato)

Tecnologie che favoriscono l'implementazione dei DTs

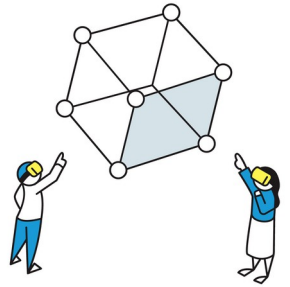
Internet of Things (IoT)

Machine Learning (ML)



Cloud computing

Augmented reality (AR)
Virtual reality (VR)

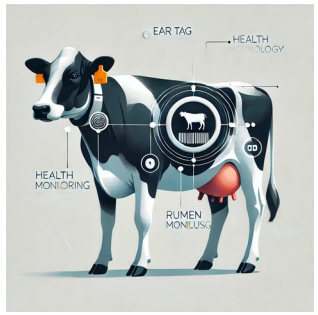


- Monitoraggio in tempo reale;
- Regolazioni proattive;
- Ottimizzazione delle prestazioni.

Architettura dei DTs

- Più livelli per integrare efficacemente le controparti fisiche e virtuali:

Layer fisico (1)



Oggetti fisici e sensori

Layer di trasferimento e raccolta dati (2)

Sorgente dati

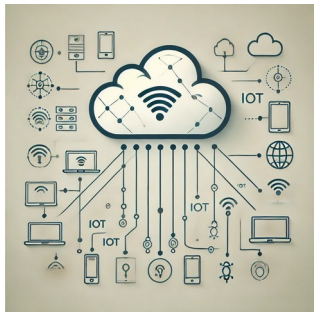
Layer di memorizzazione ed elaborazione dei dati (3)

Archivi di dati locali

Layer di comunicazione (4)

Gateway IoT

Layer di cloud computing e archiviazione (5)



Archivi di informazioni in cloud

Layer virtuale (6)

Emulazione e simulazione

Feedback

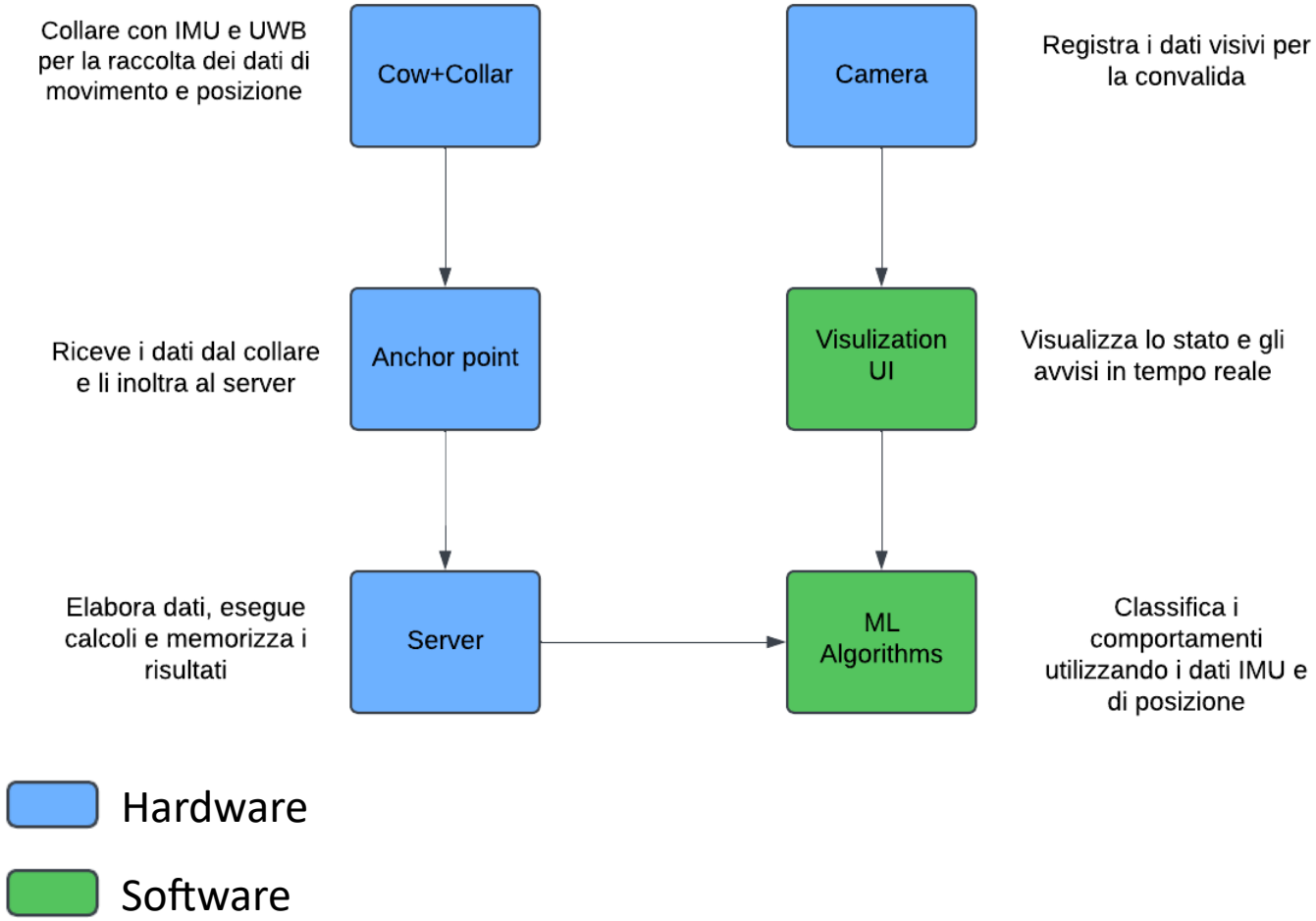
DTs nelle produzioni zootecniche: a che punto siamo?

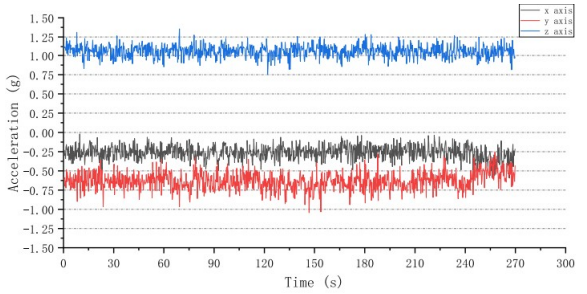
- Ancora in fase di sviluppo;
- Crescente interesse della ricerca e degli addetti ai lavori;
- Potrebbero favorire i processi decisionali nella prevenzione delle malattie, cura degli animali, gestione dell'alimentazione…
- …potenzialmente utili a: **migliorare salute e benessere degli animali, aumentare la produttività, ridurre i costi, accrescere la sicurezza alimentare e la qualità dei prodotti, gestire in modo più sostenibile i processi produttivi**

DTs nelle produzioni zootecniche: un esempio

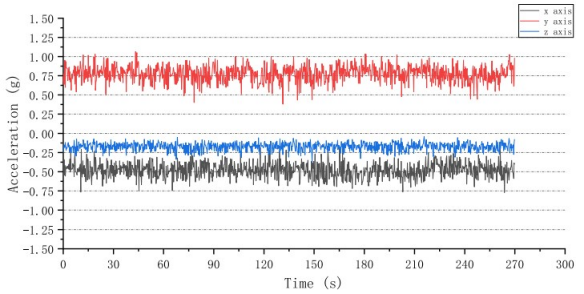
Modellazione del comportamento alimentare delle vacche da latte (Zhang et al., 2023)

Struttura del sistema

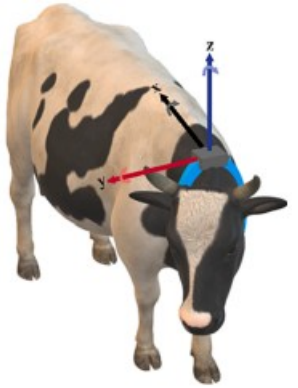


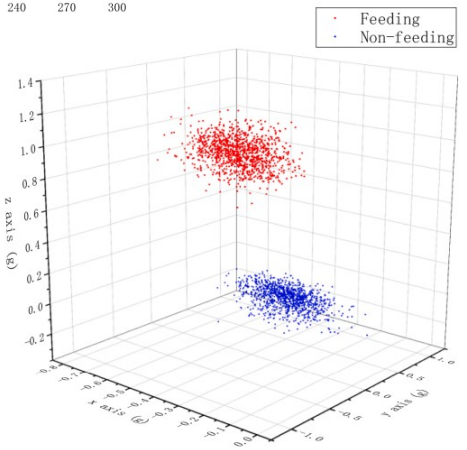


Feeding acceleration



Non-feeding acceleration





DTs nelle produzioni zootecniche: limitazioni

- Complessità di Implementazione
- Manutenzione e Aggiornamenti.
- Resistenza alla Tecnologia
- Mancanza di Esperti
- Rischio Finanziario
- Accesso Limitato a Internet
- Problemi di Gestione dei Dati
- Rischi per la Sicurezza Informatica
- Sfide per le Piccole Aziende Agricole
- Problemi di Integrazione

Grazie per l'attenzione