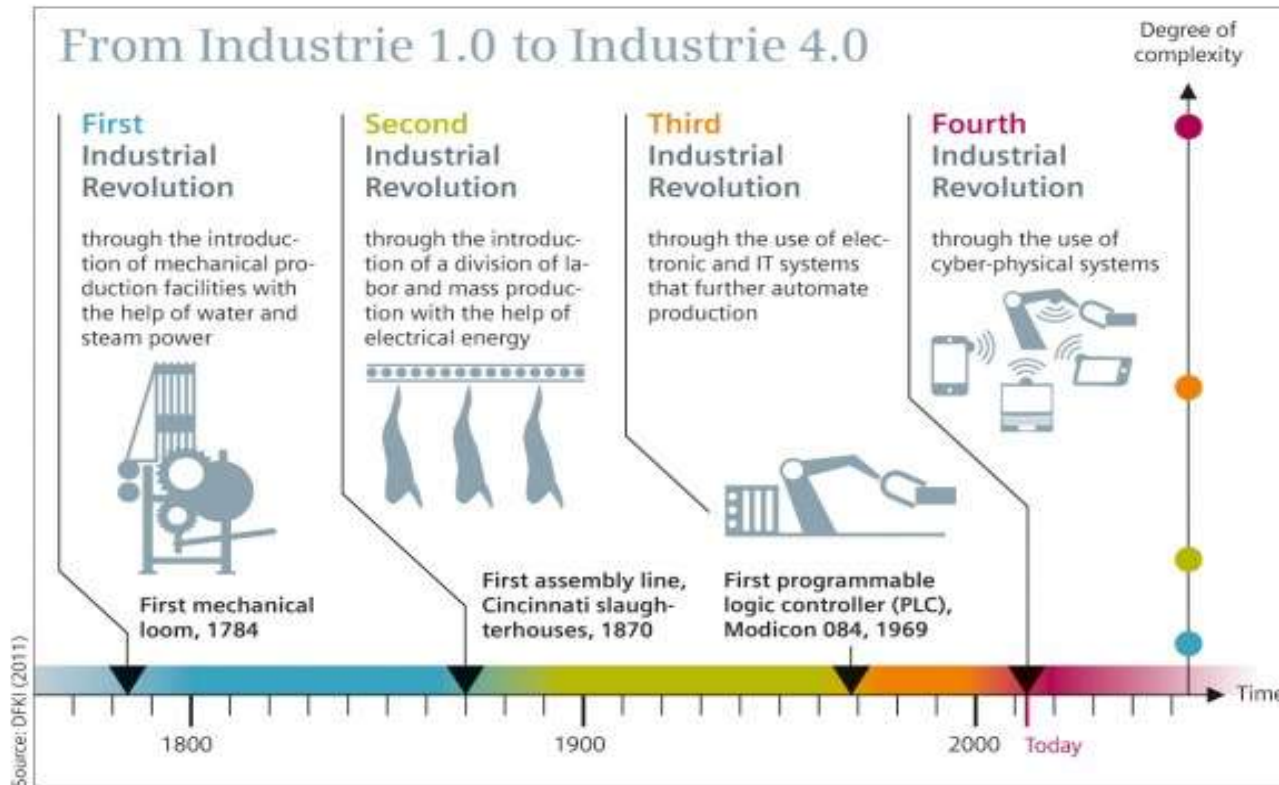


Cyberphysical Production Systems (CPPS): come funzionano e operano nella fabbrica intelligente

Alessandro Marini

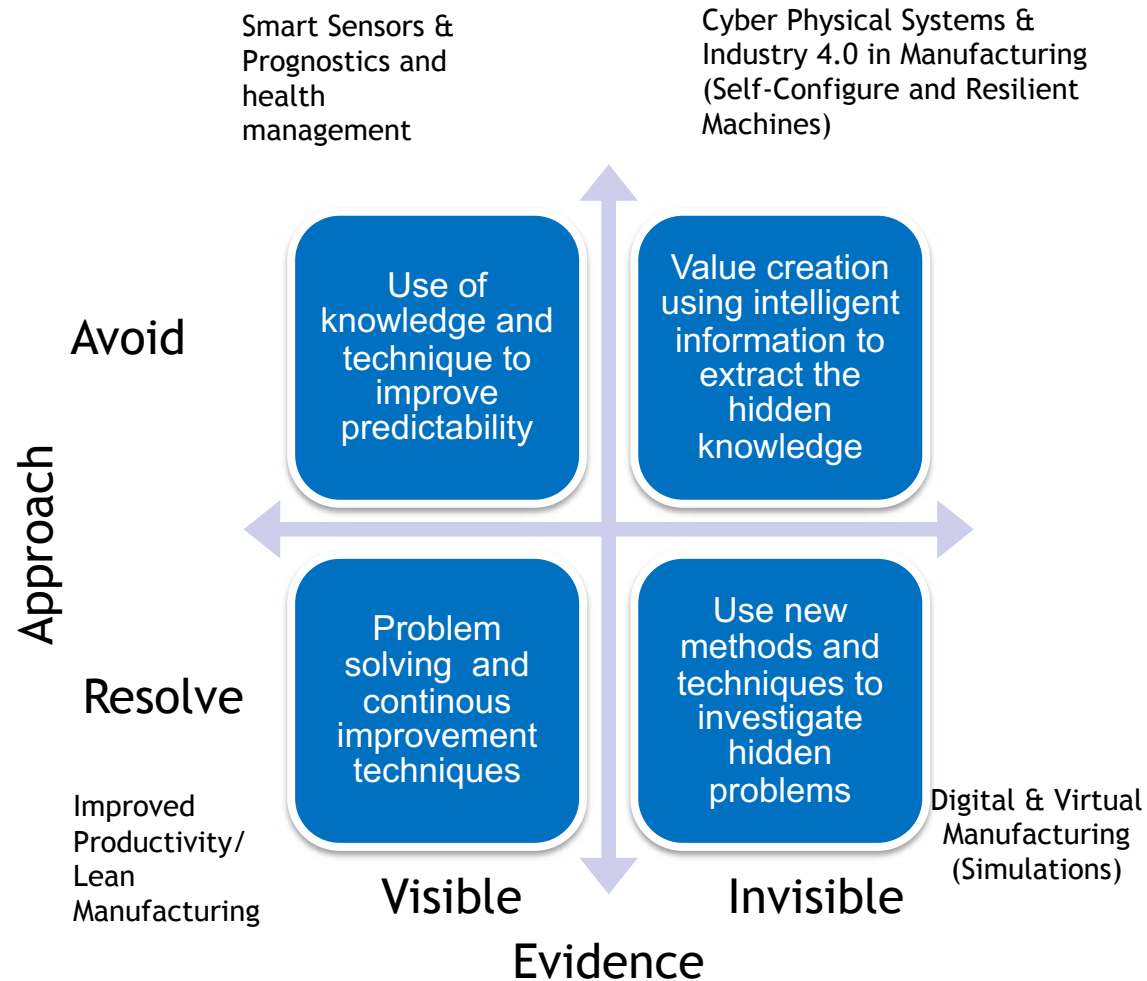
The 4th industrial (r)evolution



Il nuovo scenario della manifattura intelligente

La manifattura intelligente richiede il totale ripensamento dei tradizionali approcci al problem solving

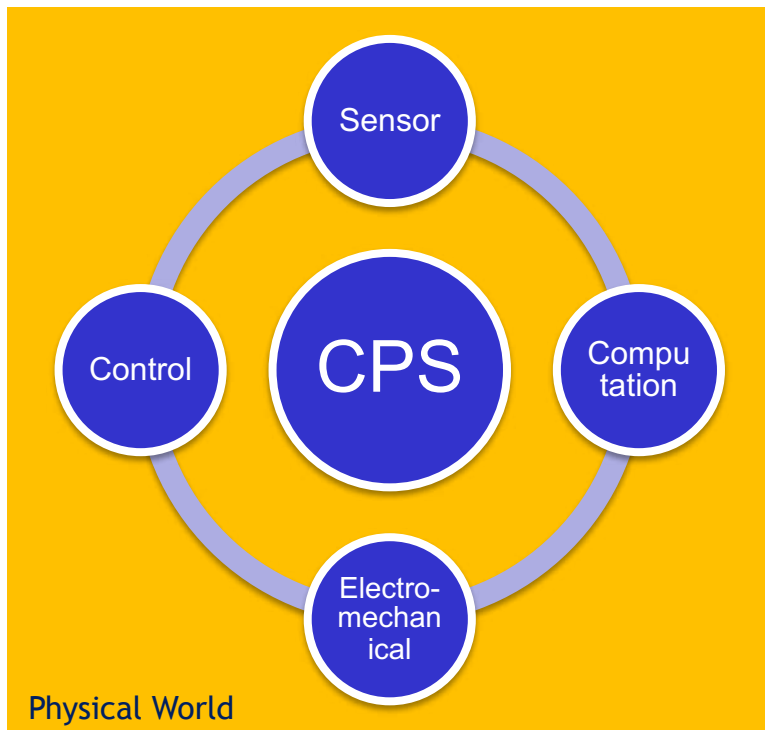
Ulteriori miglioramenti di efficienza e produttività saranno mirati ad evitare problemi e ad intercettare specifiche anomalie che si verificassero con il tempo



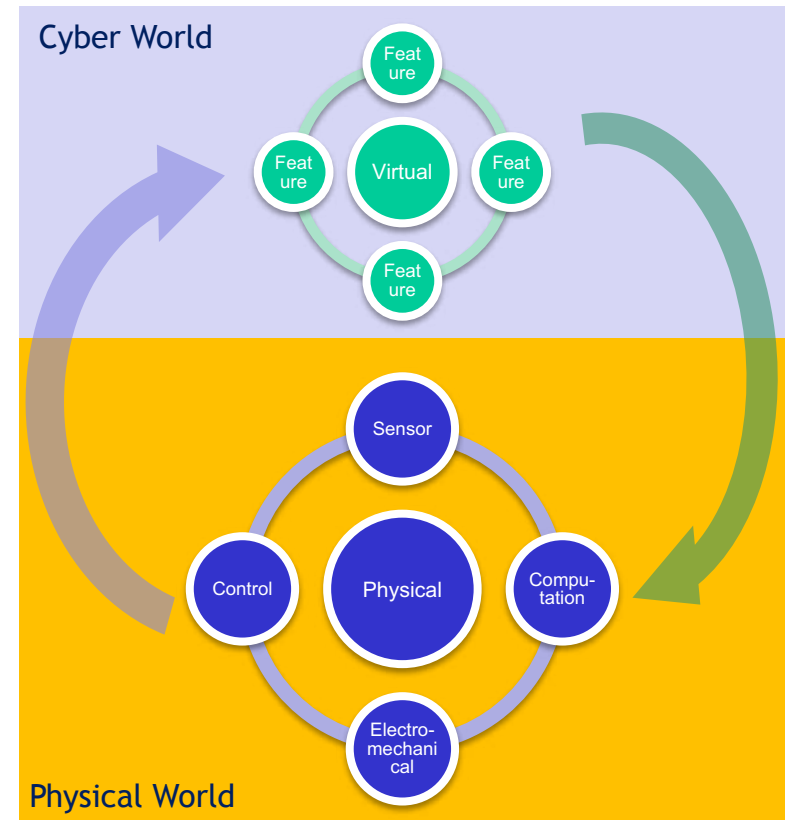
Cos'è un Cyber Physical System?

Visione Tradizionale

(Edward A. Lee)



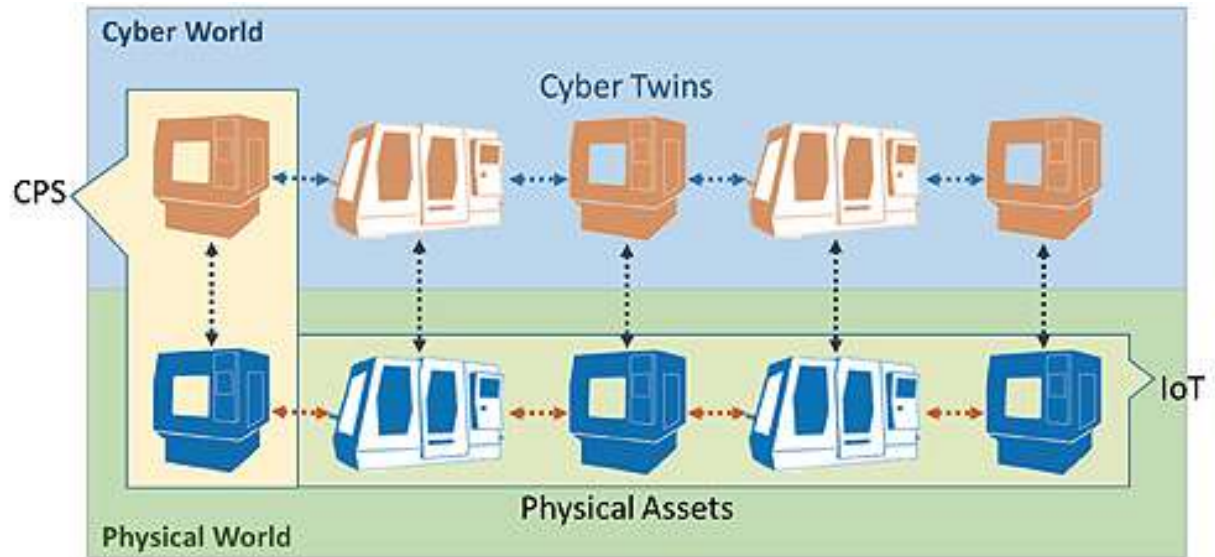
Nuova Visione



Paradigma CPPS

Cyber Twin

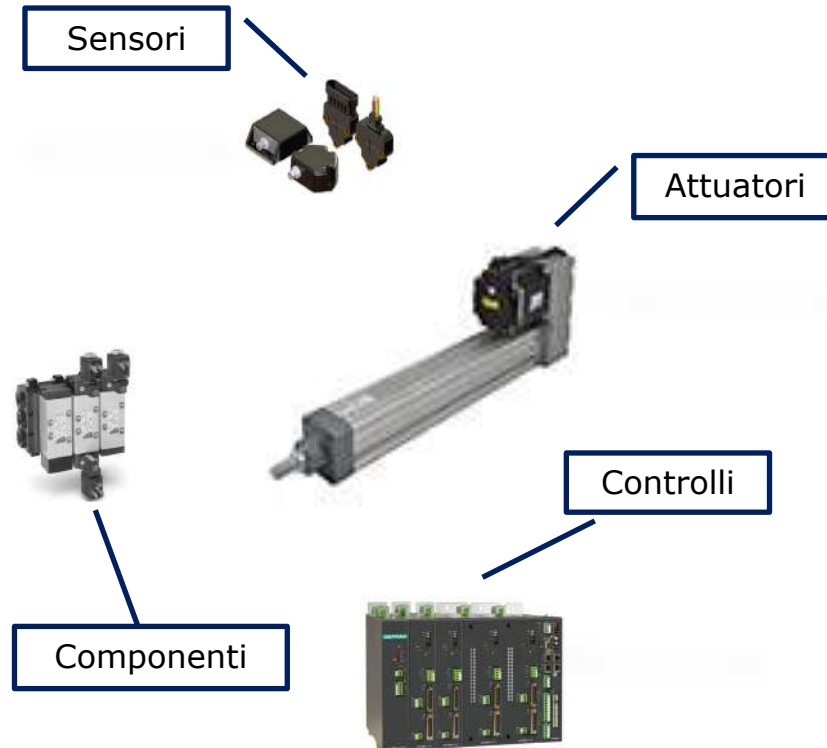
- Il paradigma della copia virtuale nel cyber space:
 - CPS: Cyber Physical System
 - Cyber Physical Production System
- ## CPPS



- Progettare un "cyber twin": disegnare un modello utile partendo dal progetto di una macchina o di un componente
- Costruire il "cyber twin": modellare nello spazio virtuale il **comportamento** di un oggetto fisico (-> cosa che ci permette di istanziare un Cyber Physical System)
- Modellare, raccogliere e classificare sistematicamente i dati industriali per supportare le operazioni produttive sia in reparto che per la gestione della produzione ed arricchire l'oggetto di nuove capacità e funzionalità -> dal Cyber Twin al CPS

Verso i Cyber Physical Production System

Come i sistemi meccatronici si trasformano in CPPS



Internet of Things

+ Connettività IP

Cyber-Physical Systems

+ Comunicazione internet

+ Comunicazione M2M

- Comunicazione Wireless
- Descrizione Semantica

Sistemi integrati

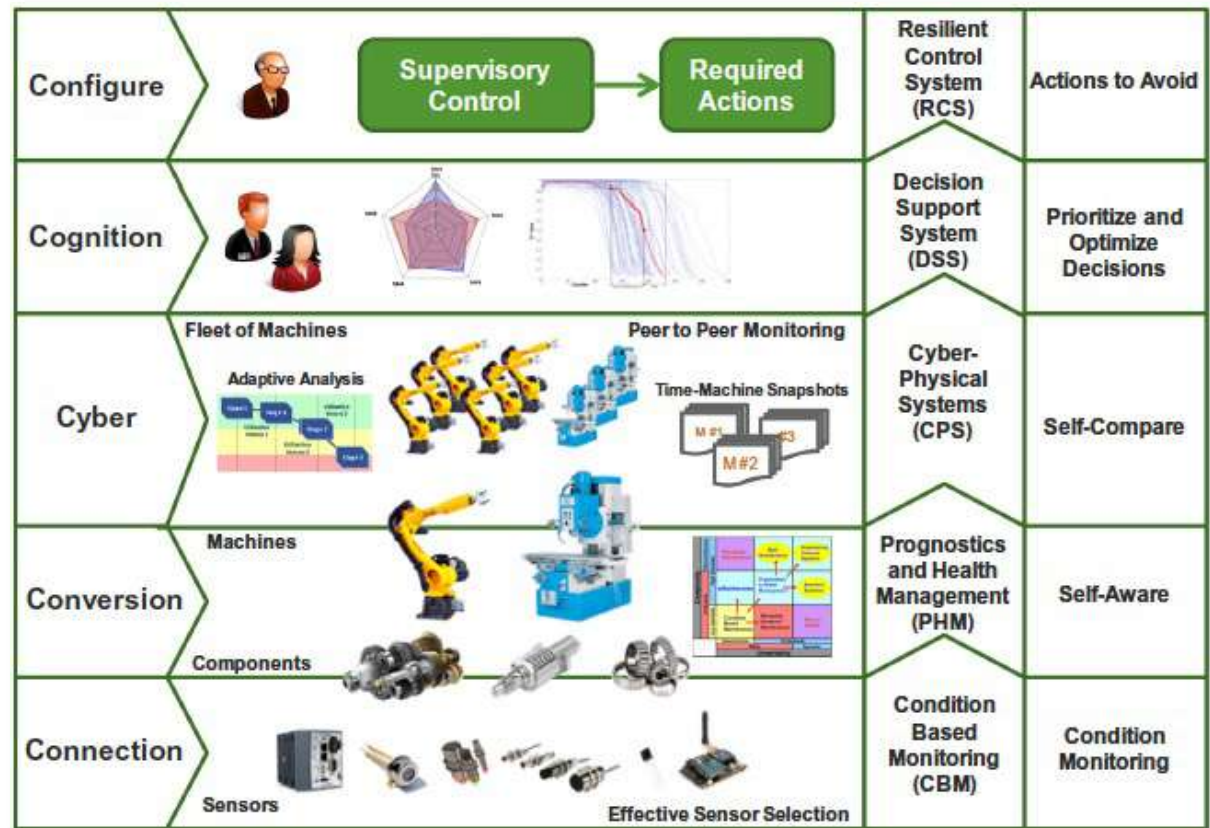
+ Sensori, attuatori

+ Intelligenza integrata

Oggetti Fisici, componenti

Modello concettuale di riferimento

- Raccolta e modellazione
- Trattamento dei dati
 - Sintesi
 - Presentazione
 - Analisi e configurazione
- Nuove funzioni per gli impianti
 - Self awareness
 - Self configuration
 - Self adjustment
 - Self optimisation



Il processo

Representation of a physical
entity in the virtual space

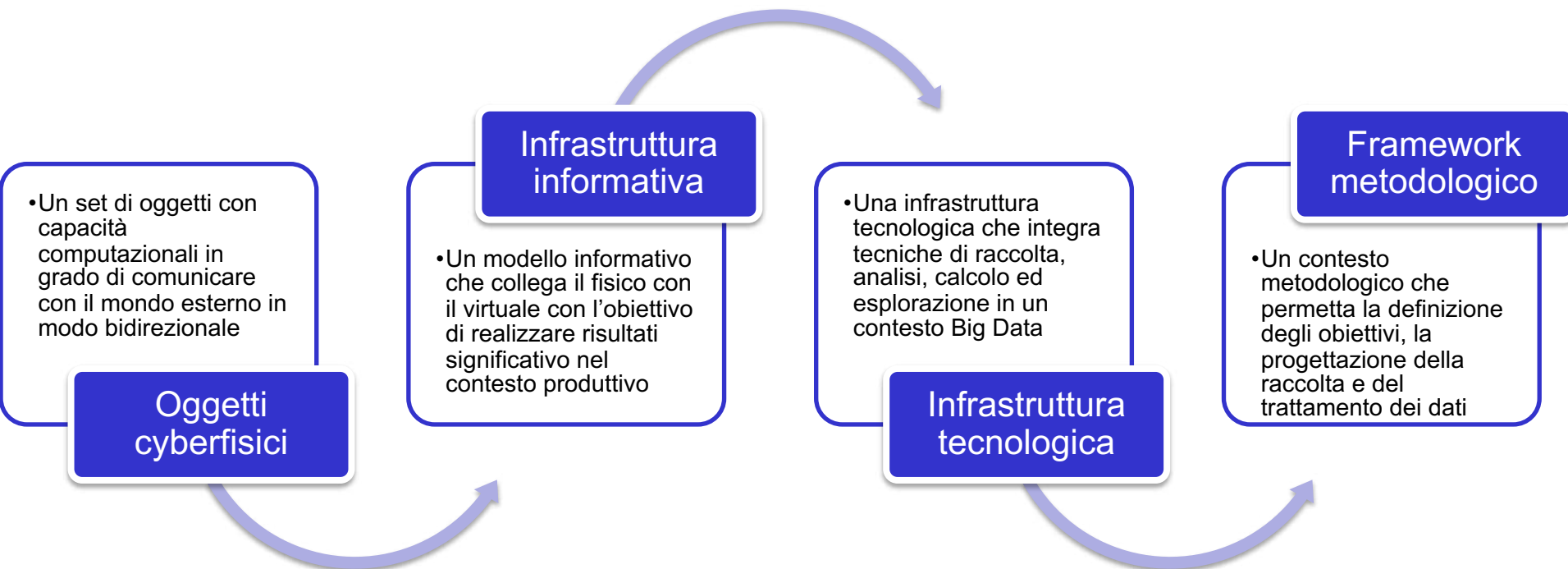
Elaboration and extraction of
useful information to improve
production efficiency, energy
consumption and final
product quality and
characteristics

Human factor role in this
process

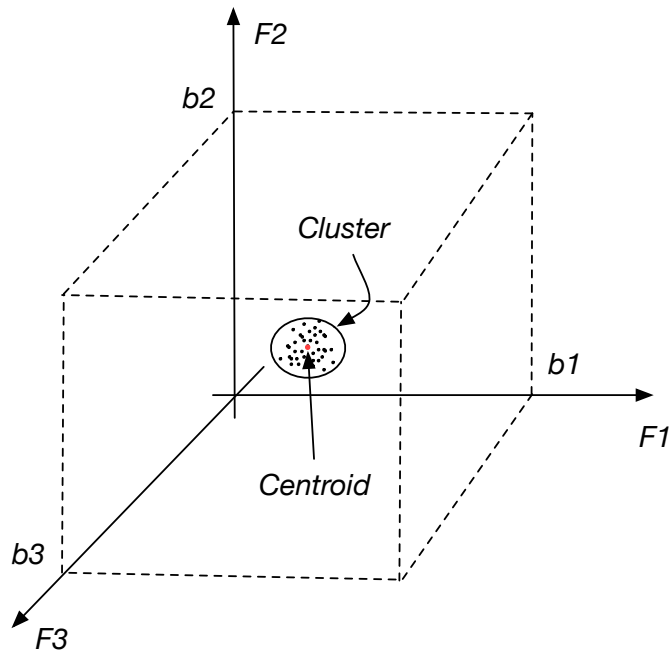
Modeling Cyber Physical Production Systems

How to turn industrial data into enterprise assets

Sistemi cyberfisici



CPPS: modellare nello spazio virtuale le caratteristiche di un oggetto fisico

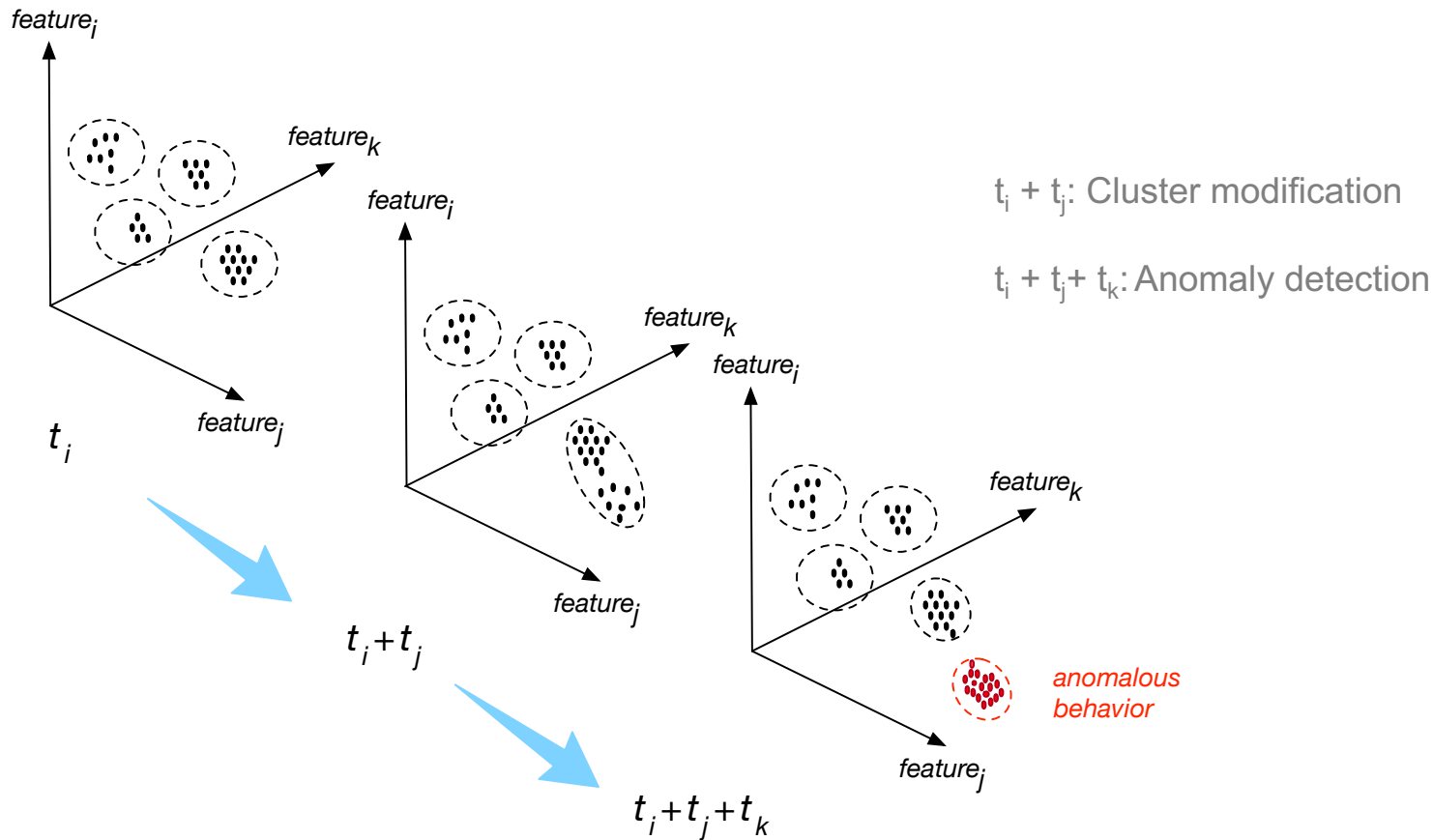


« Feature Space » è uno spazio multidimensionale creato a partire dalle « Features » che descrive un particolare comportamento di un oggetto fisico (macchina, sensore, componente, ...)

« Feature » è la misura di una caratteristica di un oggetto fisico (e.g. velocità, rpm, vibrazione, spostamento, pressione, temperatura...)

Cluster è un insieme di punto di lavoro che descrivono un comportamento

Il problema del tracking dell'evoluzione del cluster



Identificazione di un cluster



Algoritmi di clustering

BIRCH

Algoritmo base di clustering

Introduce il concetto di Cluster Feature

(CF) CF: una tupla contenente le caratteristiche del cluster ($N; \vec{LS}, SS$)

CF possiede la proprietà della additività: la somma dei CFs uguale alla somma delle sue parti

ClusTree

Evoluzione gerarchica di BIRCH

Le sintesi sono summarize in un albero con un numero predefinito di livelli

Introduce la possibilità di summarize i flussi

CluStream

Metodo per la partizione dei flussi

Calcolo periodico e additivo delle registrazioni nel cluster e memorizzazione delle caratteristiche calcolate

CF modificato contiene: ($N; \vec{LS}, SS, \vec{LT}, ST$)

Caratteristiche degli algoritmi di clustering

BIRCH (Balanced Iterative Reducing and Clustering using Hierarchies)

$$\overrightarrow{LS} = \sum_{i=1}^N \overrightarrow{X_i}$$

$$SS = \sum_{i=1}^N \overrightarrow{X_i}^2$$

Centroid

$$\overrightarrow{X_0} = \frac{\sum_{i=1}^N \overrightarrow{X_i}}{N}$$

Radius

$$\overrightarrow{R} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\overrightarrow{X_i} - \overrightarrow{X_0})^2}{N}}$$

Diameter

$$\overrightarrow{D} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (\overrightarrow{X_i} - \overrightarrow{X_j})^2}{N(N-1)}}$$

La dimensione temporale (CluStream):

$$\overrightarrow{LT} = \sum_{i=1}^N \vec{t}_i \quad ST = \sum_{i=1}^N \vec{t}_i^2$$

N= number of points in the synthesis

Identificazione dei cluster attraverso un approccio statistico

Cluster. Una tupla di 5 caratteristiche $C = \langle N, \overrightarrow{LS}, SS, \vec{X}0, R \rangle$, dove:

- (i) N è il numero di registrazioni incluse nel cluster (da $X(t_1)$ a $X(t_n)$, dove $t_n = t_1 + \Delta t$);
- (ii) \overrightarrow{LS} è un vettore rappresentante la somma linea dei punti presenti nel cluster C ;
- (iii) SS è la somma quadratica dei punti presenti nel cluster C ;
- (iv) $\vec{X}0$ rappresenta il centroide del cluster;
- (v) R è il raggio del cluster.

$$\overrightarrow{LS} = \sum_{k=1}^N \vec{X}(t_k)$$

Centroide

$$\vec{X}0 = \frac{\sum_{k=1}^N \vec{X}(t_k)}{N} = \frac{\overrightarrow{LS}}{N}$$

$$SS = \sum_{k=1}^N \overrightarrow{X^2}(t_k)$$

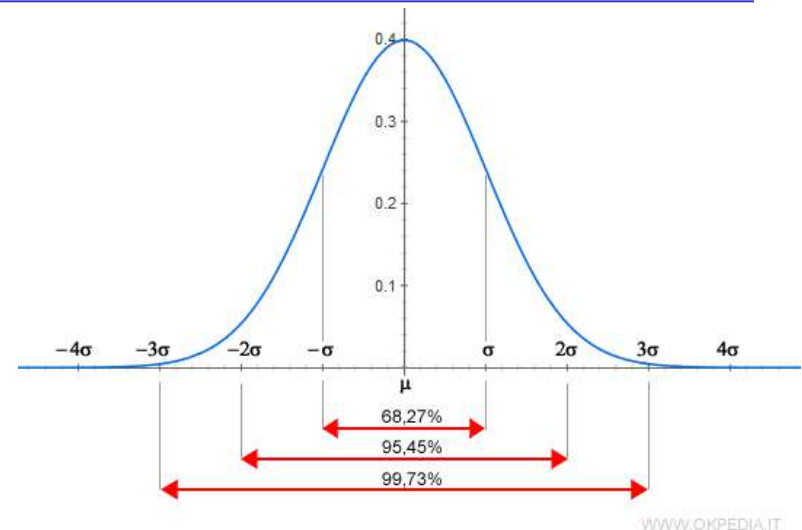
Raggio della sintesi

$$R = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^N (\vec{X}(t_k) - \vec{X}0)^2}{N}} = \sqrt{\frac{SS}{N} + \frac{(1 - 2N)\overrightarrow{LS}}{N^3}}$$

N= numero delle registrazioni incluse nel cluster

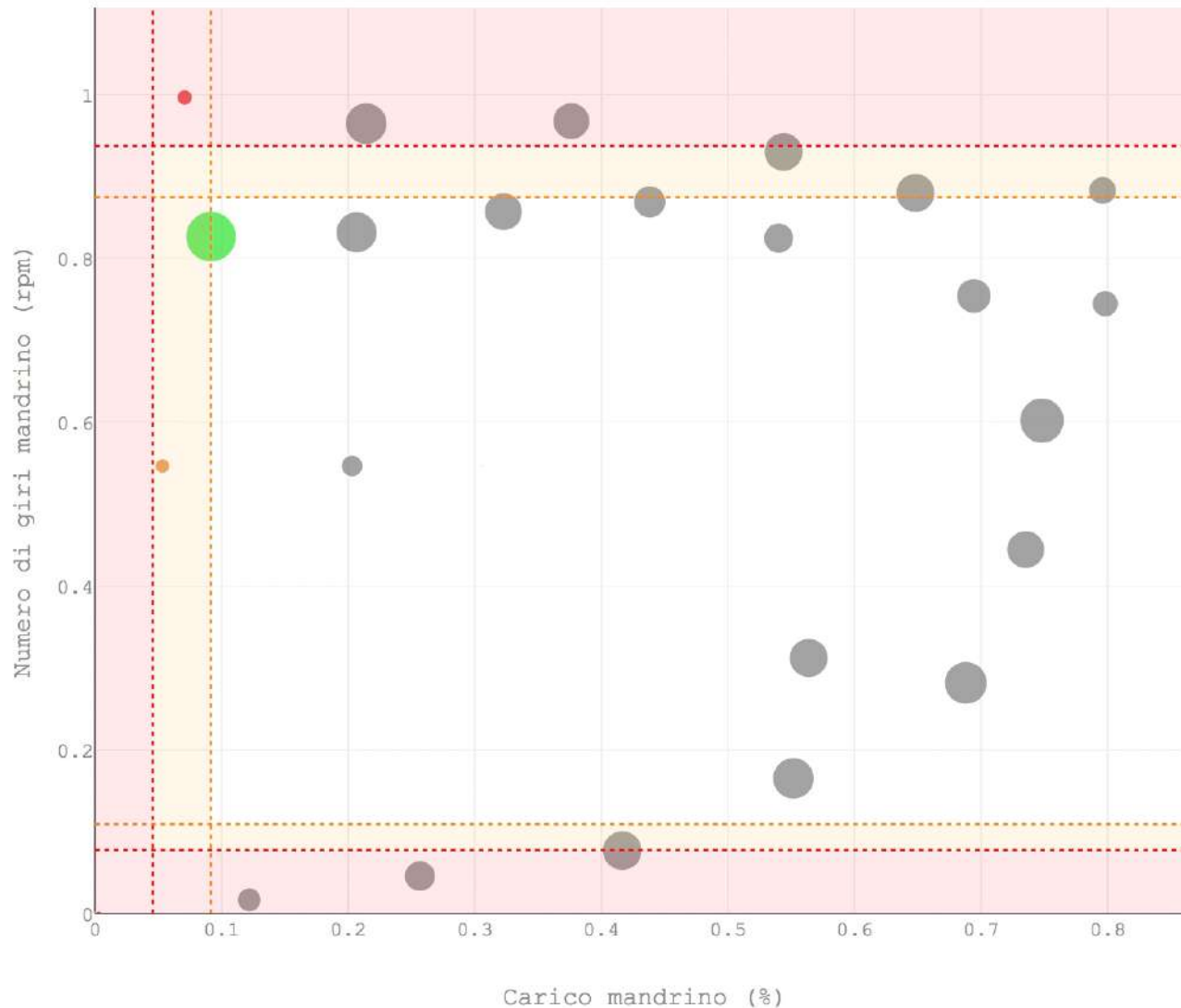
Interpretare i cluster

- La forma delle equazioni di calcolo di $\vec{X}0$ e di R dei cluster sono uguali alle formule per il calcolo della media μ e dello scarto quadratico medio σ di una popolazione statistica
- In effetti $\vec{X}0$ e R hanno proprio un significato statistico rispetto ai punti racchiusi nei cluster
- L'approccio proposto prevede:
 - ▶ L'eliminazione dei cluster che contengono un numero di punti inferiori ad una certa percentuale del numero totale di punti della popolazione totale
 - ▶ La stima della qualità del cluster identificato confrontando il peso dei punti contenuti in esso con la dimensione del raggio R ovvero della dispersione di una popolazione
 - ▶ Più è piccolo R e grande il numero di punti contenuto nel cluster e più siamo di fronte ad una rappresentazione reale del comportamento dell'oggetto in esame
 - ▶ Più R è grande e più la popolazione risulta dispersa e quindi siamo di fronte ad un comportamento incerto dell'oggetto in esame



Esempio di clustering statistico

Il comportamento di un CPPS dipende solo dalle Feature



Tempo: Thu Jan 07 03:00:00 CET 2016 - Thu Jan 07 04:00:00 CET 2016

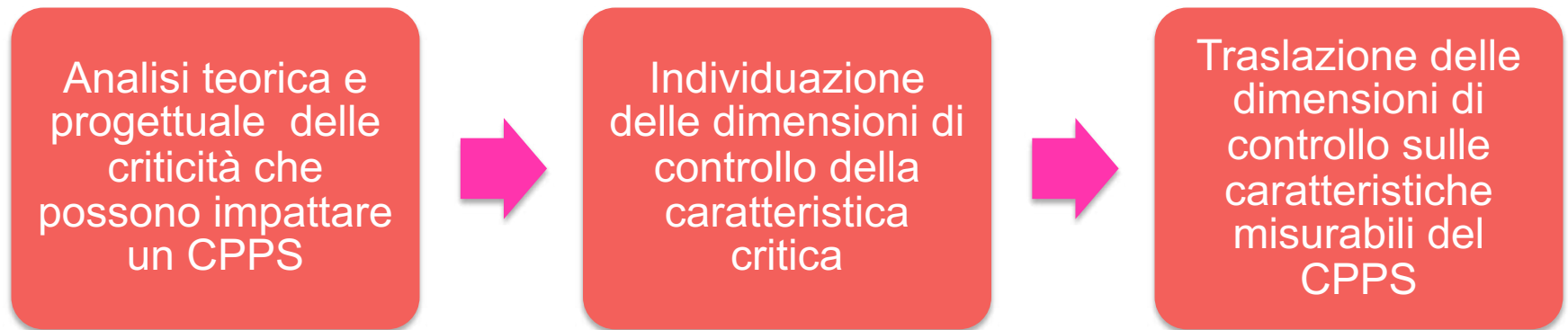


Aspetti distintivi dei sistemi cyberfisici



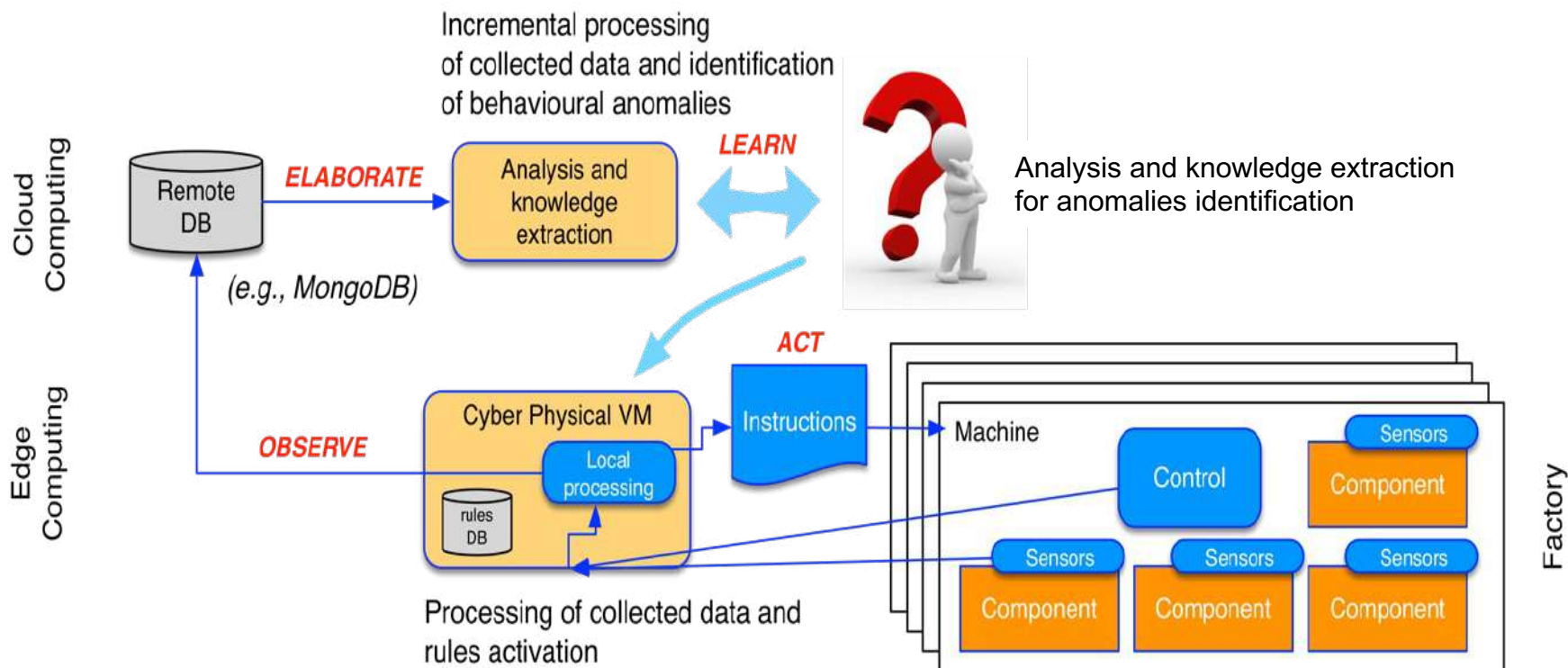
Aspetti metodologici:

Progettazione di un feature space



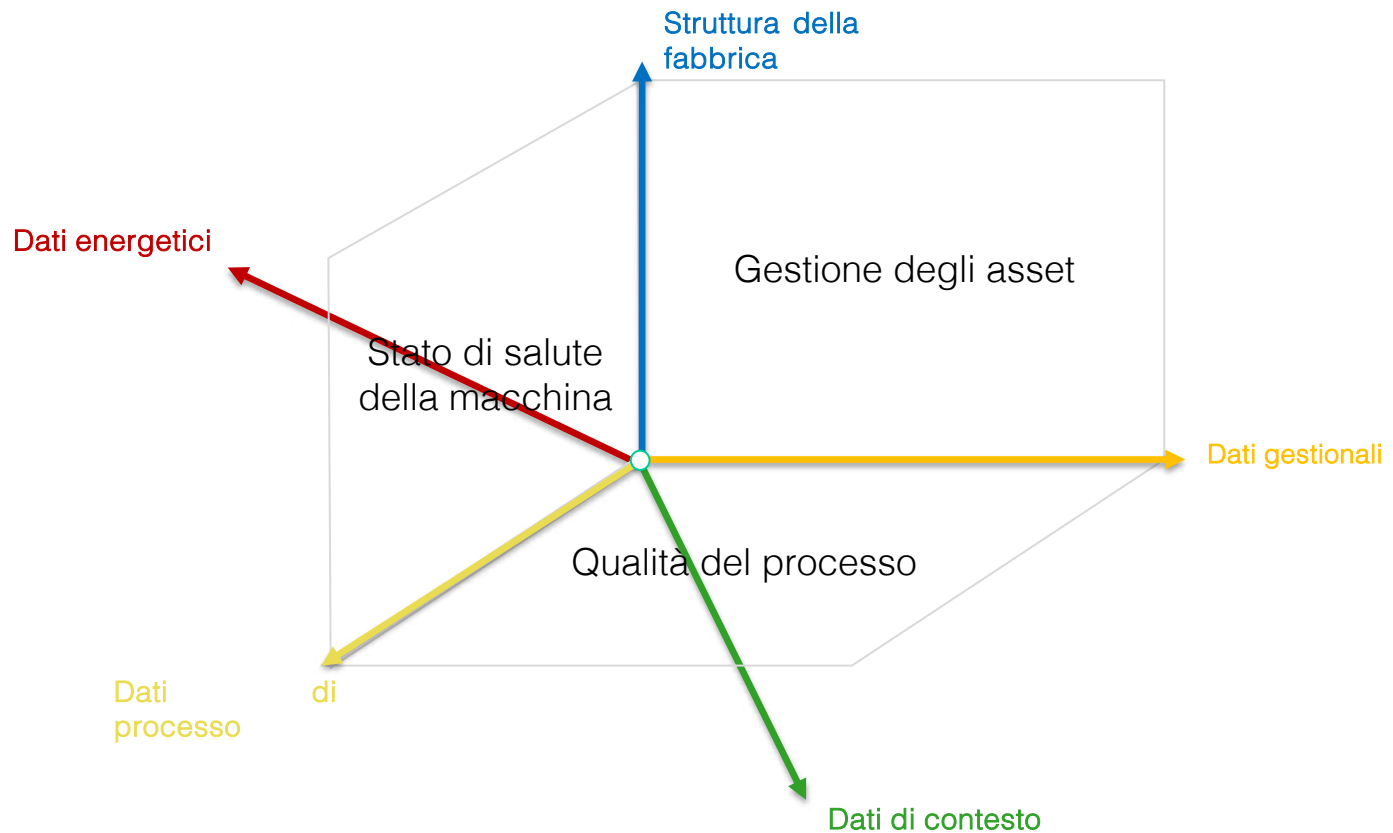
Il processo CPPS

Human is in the loop



Disegno informativo

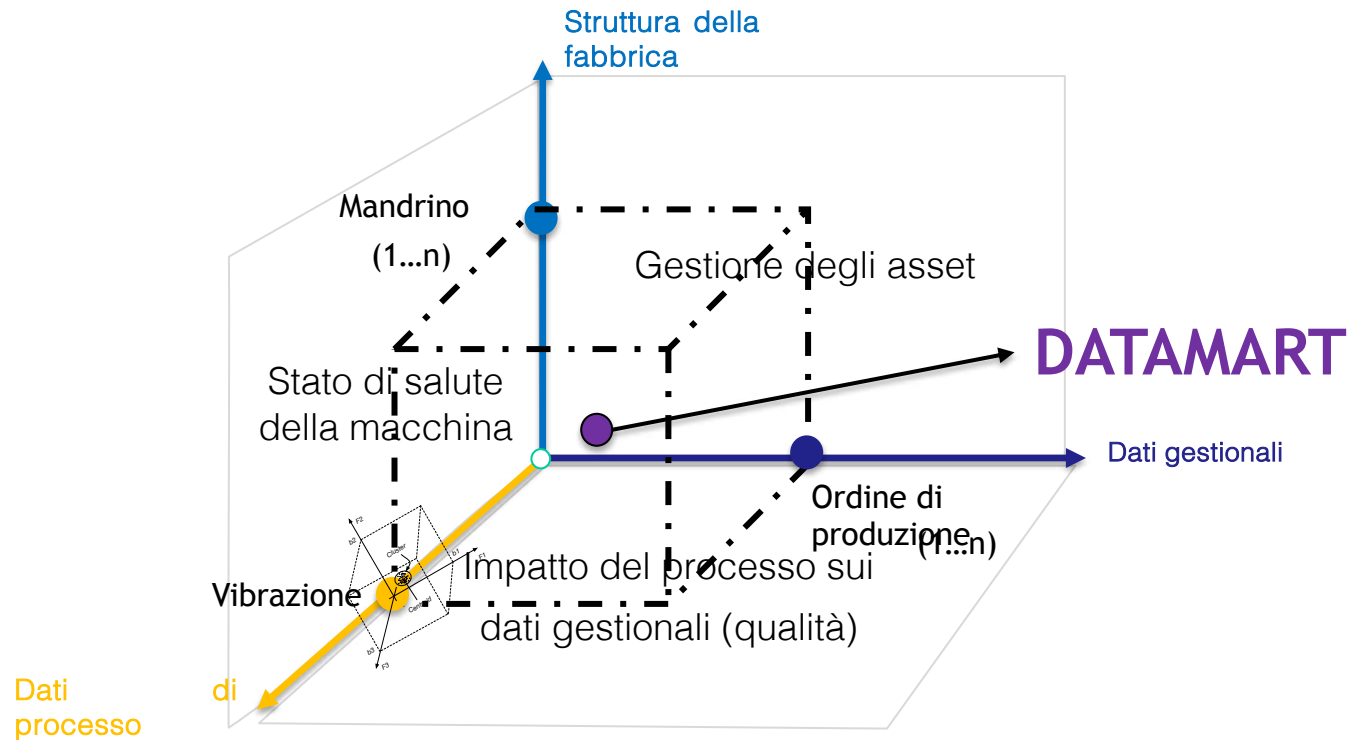
Inquadrare il problema per definire gli obiettivi



Dal feature space agli spazi multidimensionali

L'approccio Datamart

L'approccio Datamart permette di collegare le variabili di processo, anche derivanti da una analisi dei dati, con gli obiettivi dell'impresa

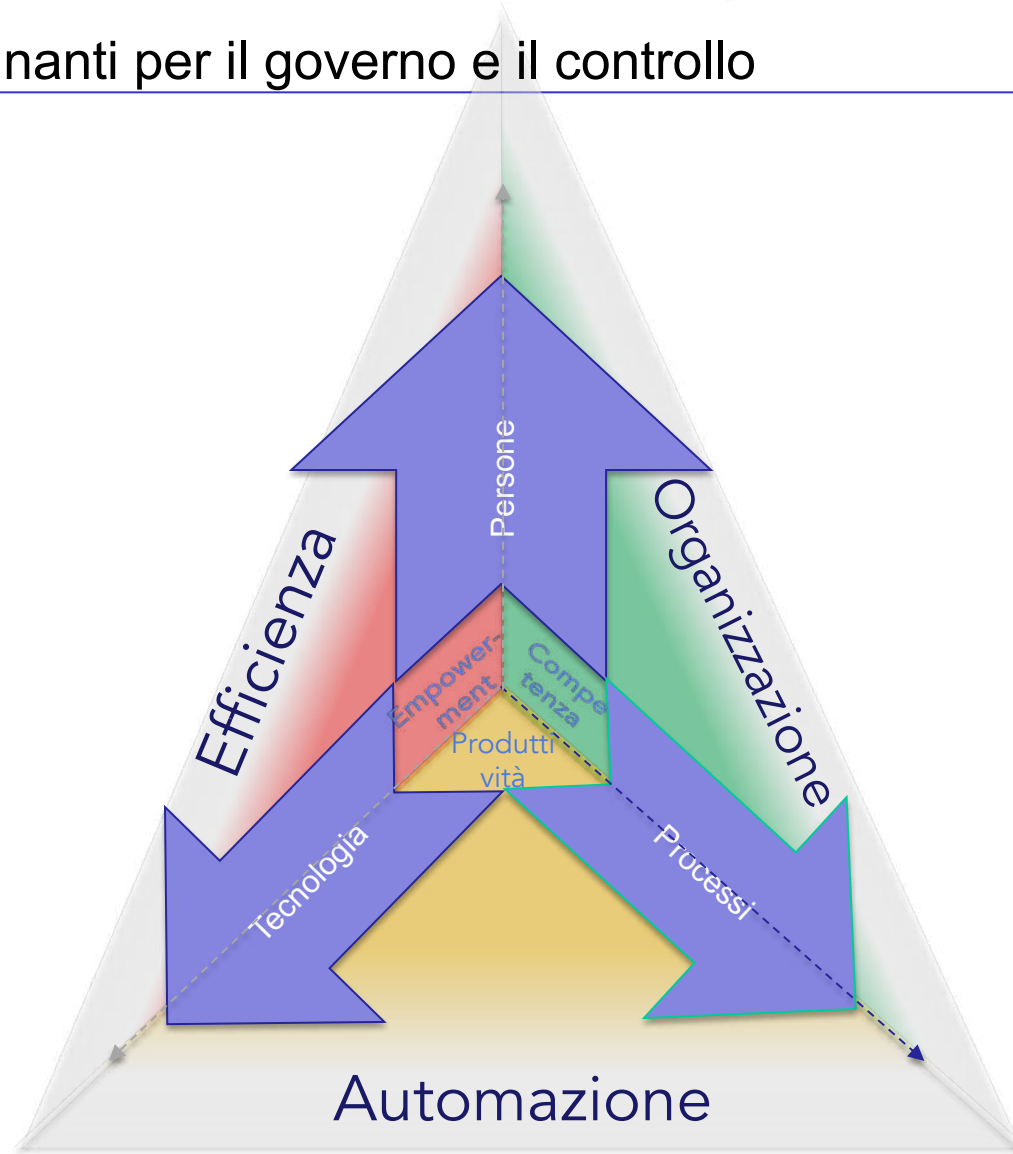


Ricapitoliamo

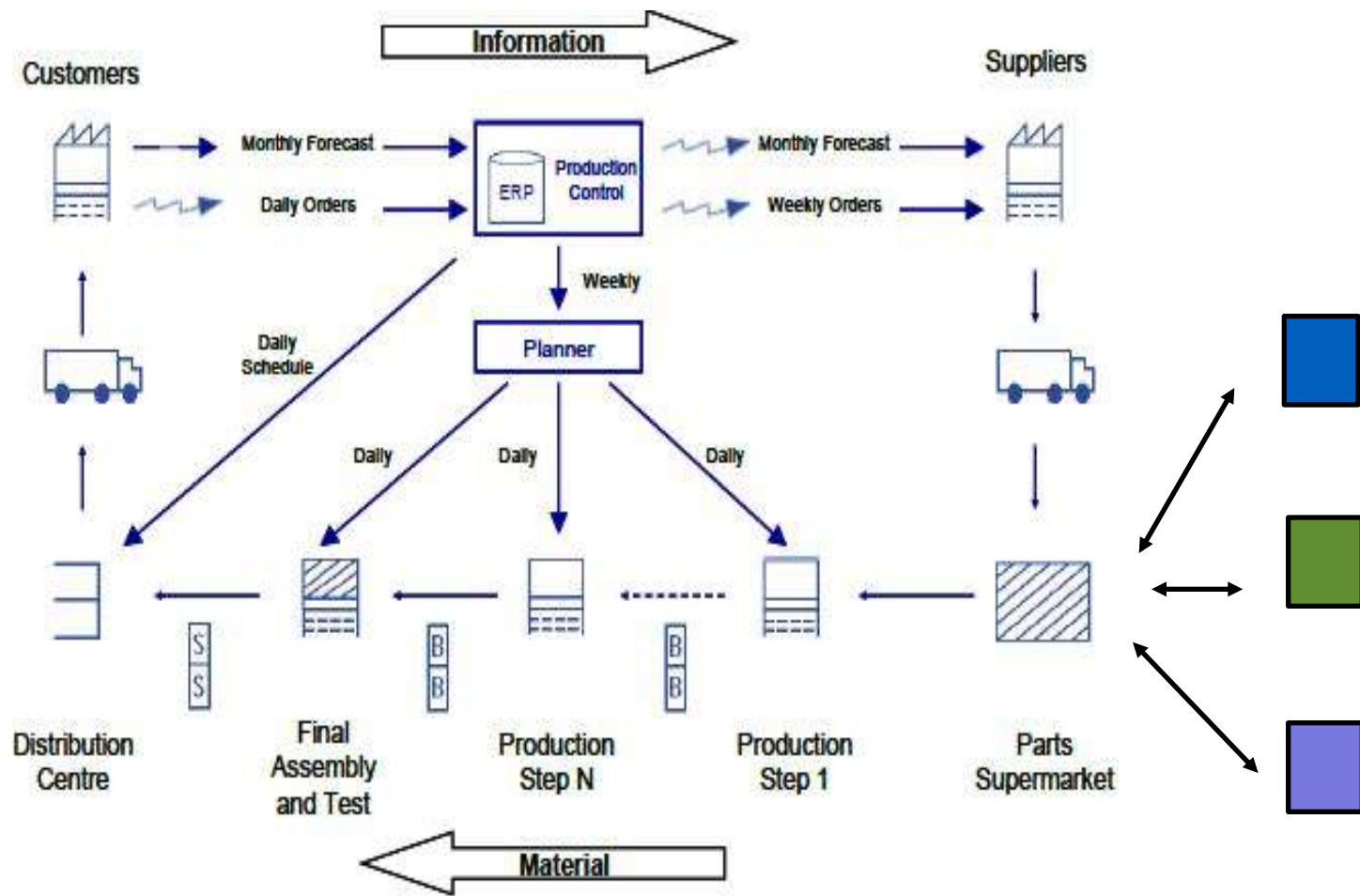
Sistemi informativi di produzione di nuova generazione

La gestione delle informazione nell'impresa moderna

I fattori determinanti per il governo e il controllo



Flusso dei materiali e delle informazioni nella filiera



<https://youtu.be/5pn8qAKL0V4>

La Struttura architeturale dei sistemi di produzione

Sistema
Gestionale

Strumenti per la pianificazione e programmazione della produzione

Strumenti per la gestione dei dati tecnici di produzione

Strumenti per la creazione e gestione degli ordini di produzione

Sistemi
dipartimentali

Strumenti per gestione e controllo della produzione e la gestione delle operazioni di fabbrica

Strumenti per il collegamento diretto con gli impianti produttivi e lo scambio di informazioni e istruzioni operative

L'ordine di produzione è il veicolo informativo principale nel sistema informativo di produzione

Ordine di produzione 1234			Codice Parte HH3F		Qtà da prod. 1000	
Oper.	Centro di Lavoro	Attrezzaggio h	Tempo Ciclo h/pz	Produttività oraria	Lavorazione h	Totale h
010	CDL1	1,00	0,0083	120 pz/h	8,30	9,30
020	CDL2	0,17	0,1667	600 pz/h	1,83	2,00
030	CDL3	0,75	0,0044	225 pz/h	4,43	5,18
040	CDL2	0,17	0,1667	600 pz/h	1,83	2,00
					2,09	16,39
						18,48 €

Lista parti	Descrizione	Qta	U.M.
S567	Stampato per flangia	1000	Pezzi (pz)

Sottoprodotto	Descrizione	Qta	U.M.
TOTT	Tornitura di ottone	50	kg

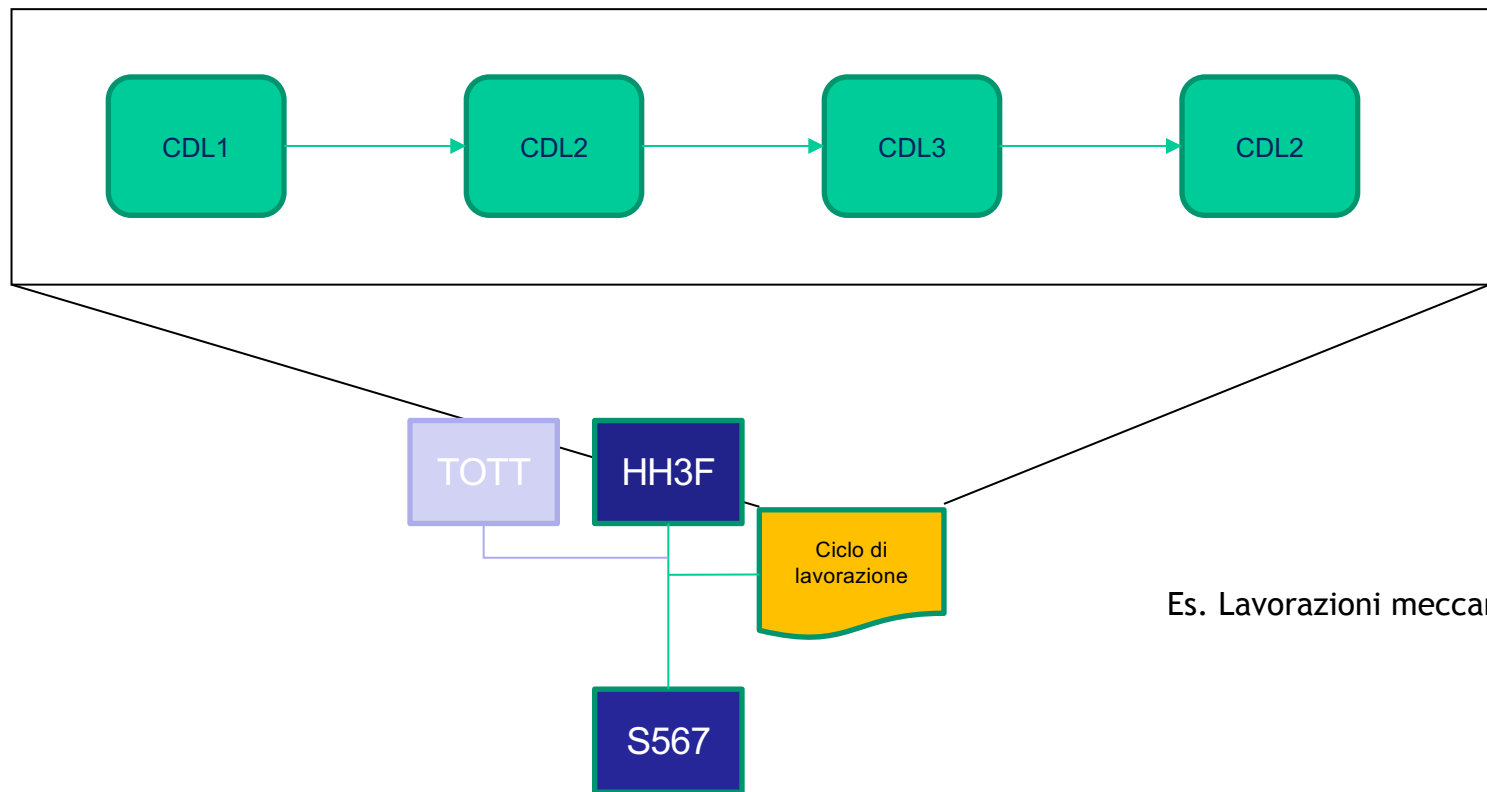
L'ordine di produzione si appoggia in modo significativo sui dati tecnici di produzione

Op. 010 - Tornitura
Risorsa: CDL1
Tempo ciclo: 30 sec
Tempo setup: 1 h
Tempo lav.: 8 h 20 min
Tempo tot: 9 h 20 min

Op. 020 - Lavaggio
Risorsa: CDL2
Tempo ciclo: 10 min
Tempo setup: 10 min
Tempo lav.: 1h 40 min
Tempo tot: 1h 50 min

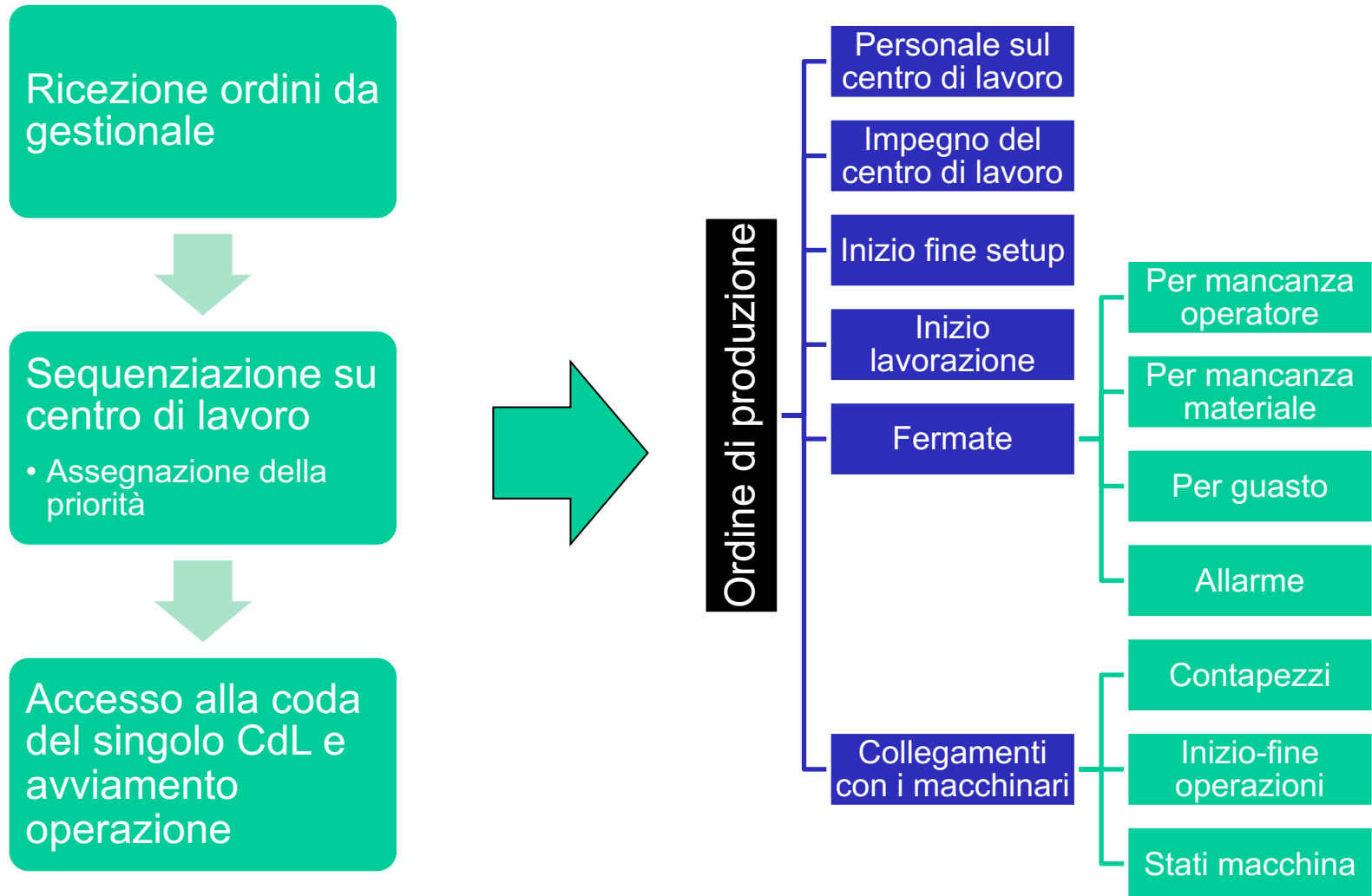
Op. 030 - Fresatura
Risorsa: CDL3
Tempo ciclo: 16 sec
Tempo setup: 45 min
Tempo lav.: 4 h 26 min
Tempo tot: 5 h 11 min

Op. 040 - Lavaggio
Risorsa: CDL2
Tempo ciclo: 10 min
Tempo setup: 10 min
Tempo lav.: 1h 40 min
Tempo tot: 1h 50 min

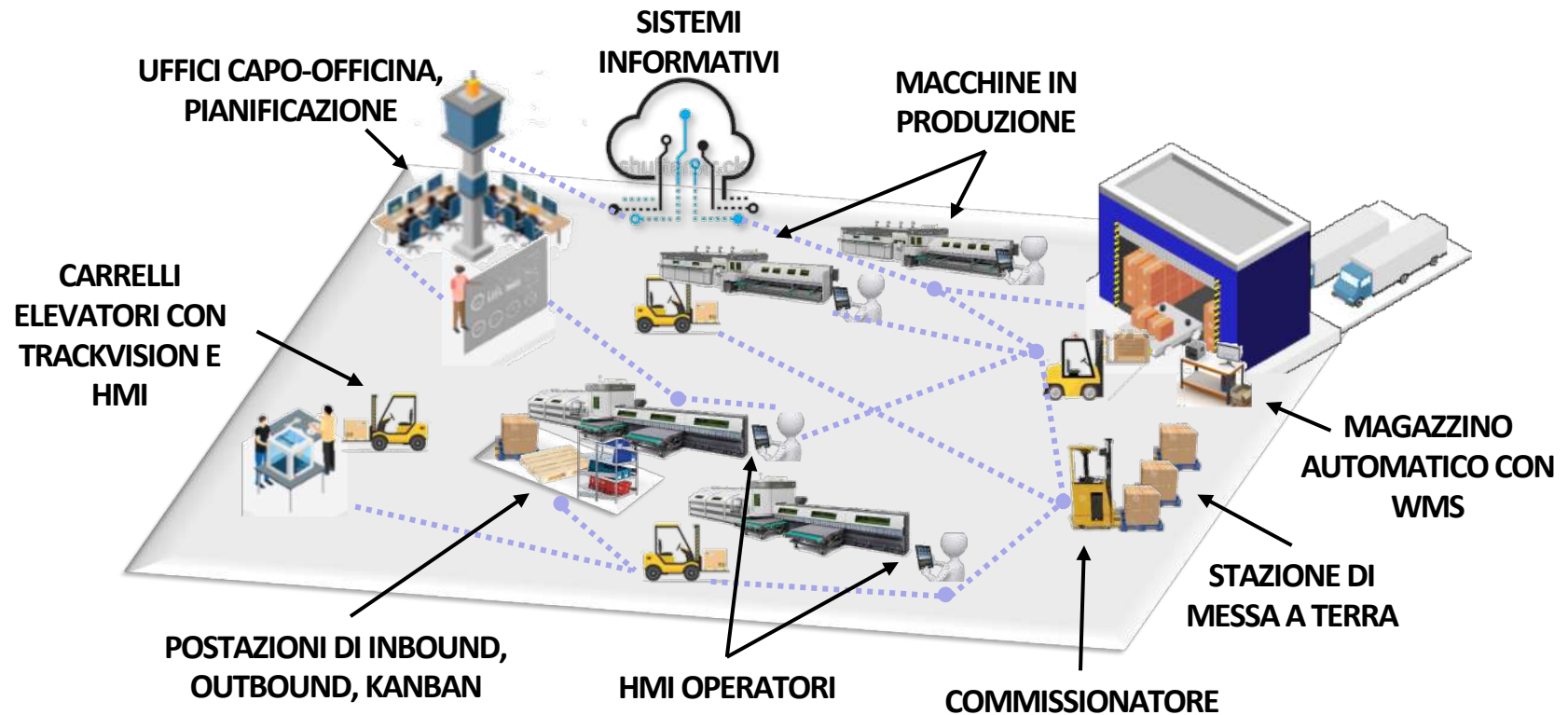


Es. Lavorazioni meccaniche

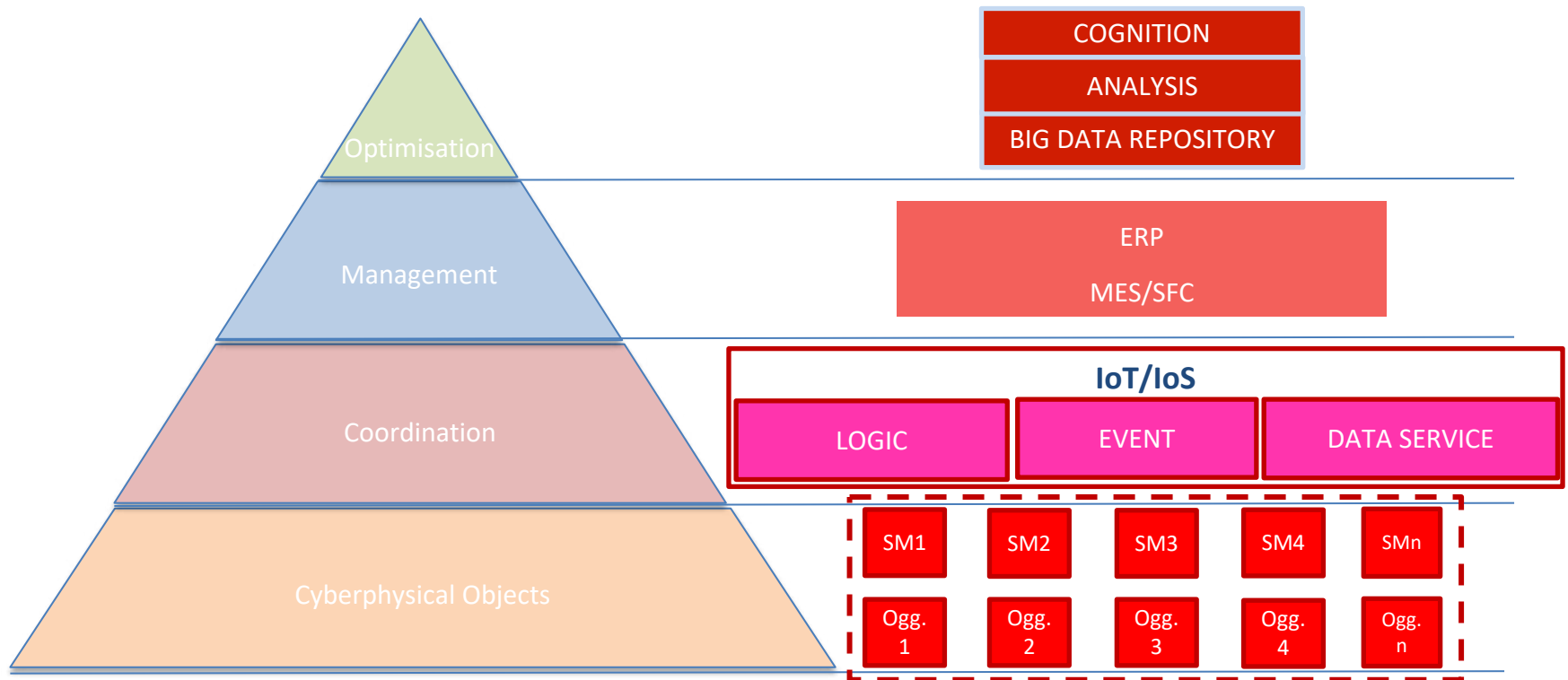
Il sistema MES rappresenta il principale strumento per consentire la gestione ed il controllo della produzione



L'IoT permette di costruire un ecosistema di filiera per supportare la digitalizzazione dei processi di produzione



Le nuove architetture digitali permettono l'integrazione di gestione informativa, oggetti connessi e data analysis per l'ottimizzazione



I nuovi approcci all'analisi dei dati permettono di collegare la dimensione gestionale con i dati industriali

