



# L'automazione nel controllo statistico di qualità

---

ANTONELLA ROCCA

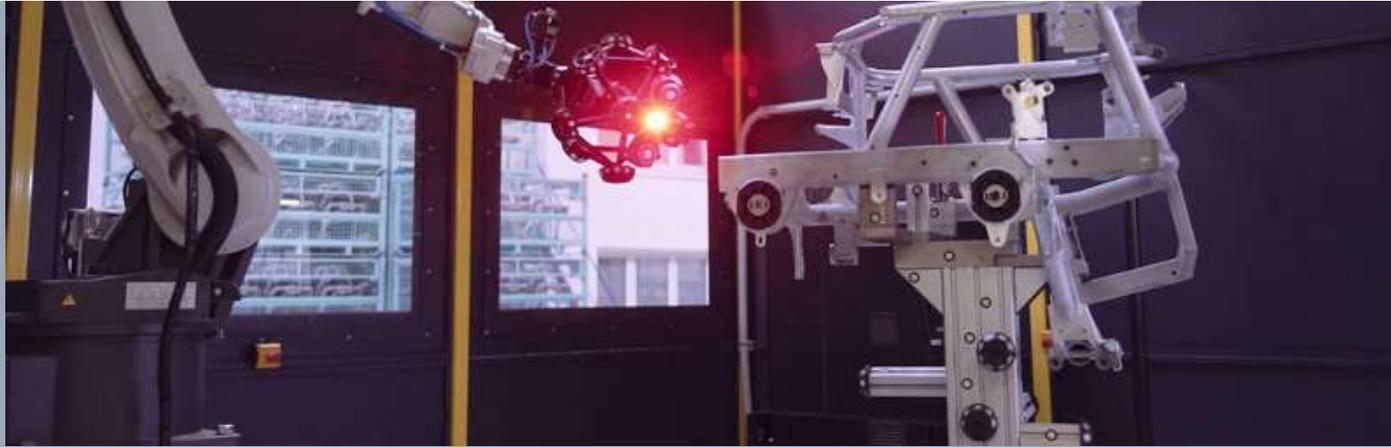
A.A.2023-24

# L'automazione

---

L'automazione consiste nell'utilizzo della tecnologia per la produzione di componenti con un intervento umano minimo. L'integrazione dei sistemi automatizzati nel processo di produzione consente di migliorare l'efficienza, affidabilità e ripetibilità di numerose attività in precedenza svolte dall'uomo, la cui attenzione potrà essere dedicata alle attività meno ripetitive e più a valore aggiunto.

Limitando il numero degli scarti, i rifiuti di produzione e le rilavorazioni, l'automazione contribuisce al miglioramento continuo delle imprese e all'aumento della produttività.



Sempre più aziende stanno adottando sistemi automatizzati di controllo qualità per individuare problemi prima che sia troppo tardi e che facciano aumentare i costi. I sistemi automatizzati di controllo qualità migliorano

- la qualità generale dei prodotti,
- i volumi di produzione

e riducono le ispezioni manuali obsolete e lente, migliorando la competitività.

- NEIL ARMSTRONG

# Differenza tra le ispezioni manuali e ispezioni automatizzate

---

I processi delle ispezioni qualità manuali sono molto diversi da quelle automatizzate.

Le **ispezioni manuali di controllo qualità** sono quelle in cui i tecnici e gli operatori misurano, ispezionano e valutano i prodotti, sia su tutta la linea di produzione o a determinati intervalli durante i cicli di produzione.

Le operazioni manuali si basano solo sull'osservazione umana, e non usano strumenti o tecnologie di ispezione.

# Svantaggi delle ispezioni manuali

---

Le ispezioni manuali sono:

- soggette ad errori umani
- fanno affidamento sull'esperienza dei tecnici che le eseguono e ciò potrebbe pregiudicare l'accuratezza e attendibilità delle misurazioni.
- possono creare forti rallentamenti poiché dipendono dall'efficienza degli ispettori e dalla disponibilità di laboratori
- nel caso di alti volumi di produzione, gli ispettori non sono in grado di esaminare ogni singola parte o prodotto
  - I volumi diminuiscono e le scadenze di produzione ne soffrono.

# Le ispezioni automatizzate

---

Le ispezioni automatizzate eliminano praticamente tutti i problemi tipici delle ispezioni manuali e di quelle eseguite con CMM tradizionali.

Tranne per carico e scarico, non richiedono intervento umano e consentono ispezioni automatizzate con volumi molto alti.

Questi sistemi automatizzati di ispezione qualità si usano per molte applicazioni differenti, tra cui FAI sulla linea e a bordo linea, ispezioni di parti e utensili durante lavorazioni, esame di parti fornite da terzi, e digitalizzazione di misurazioni del controllo qualità per rintracciabilità e archiviazione.

# Come l'automazione migliora la qualità

---

I sistemi di ispezione automatizzata offrono molti vantaggi che migliorano la qualità di parti e prodotti completi. Esempi di come l'automazione possa migliorare la qualità:

1. A causa della carenza di operatori esperti di CMM, le aziende stanno adottando sempre più soluzioni automatizzate per il controllo qualità non solo per eliminare rallentamenti in produzione ma anche per migliorare la qualità delle parti ispezionate, poiché i sistemi automatizzati eliminano gli errori umani. Inoltre, gli operai specializzati possono dedicarsi a compiti ad alto valore aggiunto, come l'analisi di dati e ispezioni.
2. Il controllo qualità automatizzato migliora l'attendibilità delle misurazioni in ispezione. Grazie alle ispezioni automatizzate, la misurazione accurata di parti complesse su linee di produzione con volumi elevati sono garantite.
3. Questi sistemi possono acquisire rapidamente più dati su grandi quantità di parti. Grazie anche a sofisticate funzioni di creazione rapporti, le aziende possono prendere decisioni migliori sulla base di risultati più attendibili per un numero maggiore di componenti.
4. Migliorano la produttività

# Miglioramento della produttività

---

Le aziende che eseguono [ispezioni automatizzate di controllo qualità sulla linea di produzione o nelle sue vicinanze](#) possono:

- Misurare un maggior numero di componenti ogni ora a parità di dimensioni
- Misurare solo le dimensioni critiche di un gran numero di componenti, aumentando il numero dei componenti ispezionati ogni ora
- Misurare lo stesso numero di componenti ma con una maggiore quantità di informazioni su ciascuno di essi, per una migliore rintracciabilità
- Misurare un maggior numero di componenti e dimensioni ogni ora

È quindi possibile individuare più rapidamente difetti e irregolarità, consentendo l'adozione di misure correttive per prevenire ritardi e rispettare le scadenze di produzione.

# Minori problemi di personale

---

I sistemi automatizzati di controllo qualità riducono i costi di assunzione, inserimento e formazione del personale.

Molte aziende hanno difficoltà per assumere personale di controllo qualità qualificato ed esperto; in un mercato competitivo, gli specialisti di metrologia e gli ispettori di controllo qualità sono una rarità.

**I sistemi di controllo qualità automatizzato offrono soluzioni alla carenza di personale.** Le nuove generazioni di CMM a scansione 3D per controllo qualità automatizzato sono altamente intuitive e facili da usare, e possono essere utilizzate da personale di produzione senza competenze di robotica o metrologia. Ovviamente, i membri del reparto di controllo qualità devono essere disponibili per creare piani di ispezione; in ogni caso, i team di produzione possono usare quotidianamente le soluzioni automatizzate di controllo qualità.

È importante notare che l'integrazione software in sistemi automatizzati di controllo qualità significa anche che i tecnici o specialisti del controllo qualità non richiedono alcuna competenza di robotica precedente. I software di acquisizione e metrologia di ultima generazione calcolano, simulano ed eseguono automaticamente percorsi robot per piani di ispezione completi.

# Riduzione dei costi

---

Oltre a migliorare l'efficienza e ridurre i costi di manodopera associati, le soluzioni di controllo qualità automatizzato possono ridurre i costi globali del controllo qualità.

Secondo la Società americana per il controllo qualità, i problemi di qualità possono costare alle aziende fino a un 40% del ricavato netto. I costi più frequentemente legati alla mancata conformità di parti o prodotti sono molteplici:

- Rilavorazione e scarti
- Tempi di inattività della linea di produzione
- Richiami e riparazioni
- Acquisto di nuovi materiali
- Modifiche alla pianificazione della produzione per includere nuovi cicli
- Ripetizione dei test
- Costi associati al mancato rispetto delle SLA (accordi sul livello del servizio)
- E molto altro ancora

# Le nuove tecnologie

---

Internet of Things (IoT)

Cloud

Big data

I siti non presidiati e le operazioni da remoto, che rendono sempre più autonomi il processo operativo e le operazioni di controllo

# Internet of Things

---

permette una continua connessione tra le funzioni aziendali, facilitando la trasmissione orizzontale delle informazioni e la decentralizzazione del processo decisionale;

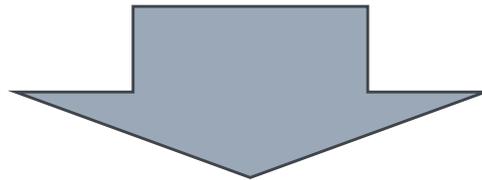
consente di inserire le informazioni in un Cloud e renderle accessibili a chiunque in qualsiasi momento.

attraverso l'elaborazione dei dati, si possono ottenere soluzioni a problemi più complessi in tempi rapidi

# Il Cloud

---

attraverso il collegamento ad Internet permette a più persone l'accesso agli stessi dati, nonostante queste non si trovino fisicamente nello stesso luogo;



fondamentale il ruolo dell'operatore

# I Big Data

---

permettono di disporre di grandi quantità di informazioni per identificare in anticipo i problemi o creare modelli più affidabili;

# Industria 4.0 e smart PPC

---

Industria 4.0, termine coniato in Germania nel 2011, si riferisce alla quarta rivoluzione industriale.

Si riferisce ad un sistema che mira ad una produzione intelligente, connessa e decentralizzata.

L'aspetto caratterizzante questa rivoluzione è la comunicazione tra uomini, macchine e prodotti, garantita dai sistemi cyber-fisici (CPS).

Per garantire la qualità di un prodotto, condizione principale è il costante monitoraggio del processo produttivo

PPC indica la Pianificazione ed il Controllo della Produzione, che con industria 4.0 diventa SMART

# Smart PPC

---

PPC include le attività di pianificazione, controllo, monitoraggio, organizzazione e riprogrammazione della produzione, eseguite attraverso la redazione di piani di previsione della domanda, tra cui MPS (Master Production Scheduling) e MRP (Material Requirements Planning).

Con l'avvento di Industria 4.0, il PPC si è dovuto adattare ai nuovi sistemi digitali, da cui SMART PPC

# Industria 4.0 e smart PPC

---

L'implementazione dell'Industria 4.0 necessita di diversi elementi, quali i

- CPS,
- IoT
- analisi dei Big Data e intelligenza artificiale (BDA/AI)
- produzione in cloud (CMg)
- manifattura additiva (AM).

L'integrazione tra PPC e Industria 4.0, con l'introduzione di nuovi metodi per la previsione della domanda, per la pianificazione e il controllo della capacità produttiva e del magazzino, ha permesso un aumento della flessibilità e della qualità e una riduzione di costi e dei tempi di consegna.

# Principali benefici:

---

- incremento di automazione
- tracciabilità
- ottimizzazione
- sincronizzazione dei processi
- la semplificazione delle attività e dei processi decisionali

L'integrazione tra PPC e Industria 4.0, con l'introduzione di nuovi metodi per la previsione della domanda, per la pianificazione e il controllo della capacità produttiva e del magazzino, ha permesso un aumento della flessibilità e della qualità e una riduzione di costi e dei tempi di consegna.

# Caratteristiche principali dello smart PPC:

---

- gestione dei dati in tempo reale;
- pianificazione e riprogrammazione dinamica della produzione;
- controllo autonomo della produzione, che prevede il coordinamento e la condivisione di informazioni tra le diverse parti del sistema;
- apprendimento continuo, che porta ad un costante incremento delle conoscenze

# Fasi per l'adozione dello smart PPC

---

## 1. Studio preliminare: determinare gli obiettivi e le priorità.

Lo studio generalmente inizia nel momento in cui si identifica un problema aziendale o la mancata opportunità di mercato. Solitamente l'obiettivo che si stabilisce è influenzato dall'ambiente interno ed esterno in cui avviene l'attività produttiva e spesso si devono raggiungere compromessi tra le necessità delle diverse aree aziendali.

# Fasi per l'adozione dello smart PPC

---

## 2. Definizione dei requisiti del sistema e degli indicatori di performance.

In questa seconda fase si stabiliscono i dettagli dell'obiettivo definito al punto precedente. Spesso le priorità sono stabilite dal team di gestione dell'azienda. Tuttavia, può essere utile confrontarsi con i lavoratori che interagiscono direttamente con il sistema produttivo per prendere le decisioni più adeguate

In questa fase vengono anche stabiliti gli indicatori di performance che denotano la qualità dell'analisi e l'affidabilità del sistema

# Fasi per l'adozione dello smart PPC

---

3. Identificazione delle fonti dei dati e degli algoritmi di apprendimento che risolvono il sistema.

Questa fase può essere seguita da un team tecnico che include un ingegnere esperto di ML ed ha l'obiettivo di determinare una visione completa sia del problema aziendale, che di quello tecnico.

Di solito, inizialmente il problema viene affrontato con algoritmi di ML basilari, mentre successivamente si adottano modelli ibridi che combinano le diverse soluzioni di base.

# Fasi per l'adozione dello smart PPC

---

## 4. Progettazione del sistema tenendo conto degli strumenti disponibili.

L'integrazione di diversi sistemi di smart PPC consente di ottenere una soluzione più efficace rispetto all'adozione di un sistema monolitico. I processi di elaborazione dei dati, sviluppo dei modelli e previsione possono essere eseguiti senza l'utilizzo della manodopera, automatizzando i processi tramite strumenti come il ML.

# Fasi per l'adozione dello smart PPC

---

5. Sviluppo di metodologie che considerino l'innovazione continua e l'adattabilità a scenari futuri.

In questa fase si scelgono i software da adottare, si decide come gestire i servizi cloud e le tecnologie utilizzate e come sviluppare il sistema in modo che supporti l'innovazione continua. Questo significa che l'infrastruttura IT consolidata elimina i processi manuali e apporta miglioramenti al sistema di lavoro rendendolo più agile e diminuendo i tempi di fermo impianto. Per questo motivo vengono introdotte sempre di più, in azienda, figure come ingegneri di ML e sviluppatori di software che consentono il perfezionamento dei modelli

# Il processo per il controllo della qualità

---

Si tratta di un modello gerarchico finalizzato ad avere una visione completa dello stato attuale e della domanda

Le informazioni rilevanti vengono poi condivise con gli stakeholders e le richieste vengono combinate per identificare univocamente gli obiettivi

# I 4 livelli del controllo della qualità

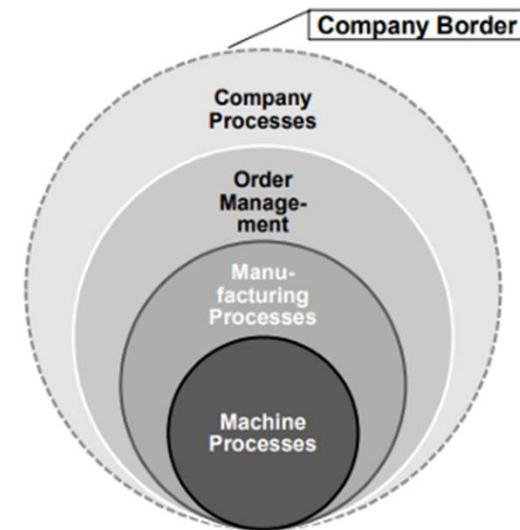
i processi interni della macchina, che influenzano parti sostanziali della qualità del prodotto;

il processo manifatturiero, che amplia la visuale a tutti i processi da monte a valle;

la gestione degli ordini, che si concentra sulle richieste dei clienti e su come queste influenzano le decisioni;

tutti i processi dell'azienda che entrano in contatto con quello manifatturiero.

Figura 2.1: i quattro livelli di dettaglio per il controllo della qualità [1]



# Fasi del sistema di obiettivi

---

1. fase di inizializzazione: si concentra sui processi che avvengono all'interno dei confini aziendali e riconosce le caratteristiche del prodotto rilevanti per il sistema di controllo qualità intelligente
2. fase di analisi dello stato attuale e del controllo qualità: finalizzata a definire i sistemi di controllo qualità già presenti all'interno dell'azienda (si procede a compilare questionari strutturati che rilevano i problemi di qualità che si presentano, le modalità di risoluzione, i valori degli indicatori rilevati nello stato attuale e quelli da raggiungere. I dati raccolti vengono poi inseriti in un documento descrittivo, per facilitarne la comprensione).
3. fase di sintesi del sistema di obiettivi:
  - 3.1 identificazione degli obiettivi da raggiungere e i vincoli da rispettare (possibilità di apportare modifiche dei requisiti tecnici del sistema di controllo qualità).
  - 3.2 redazione del documento dei requisiti

# L'uso delle tecnologie blockchain

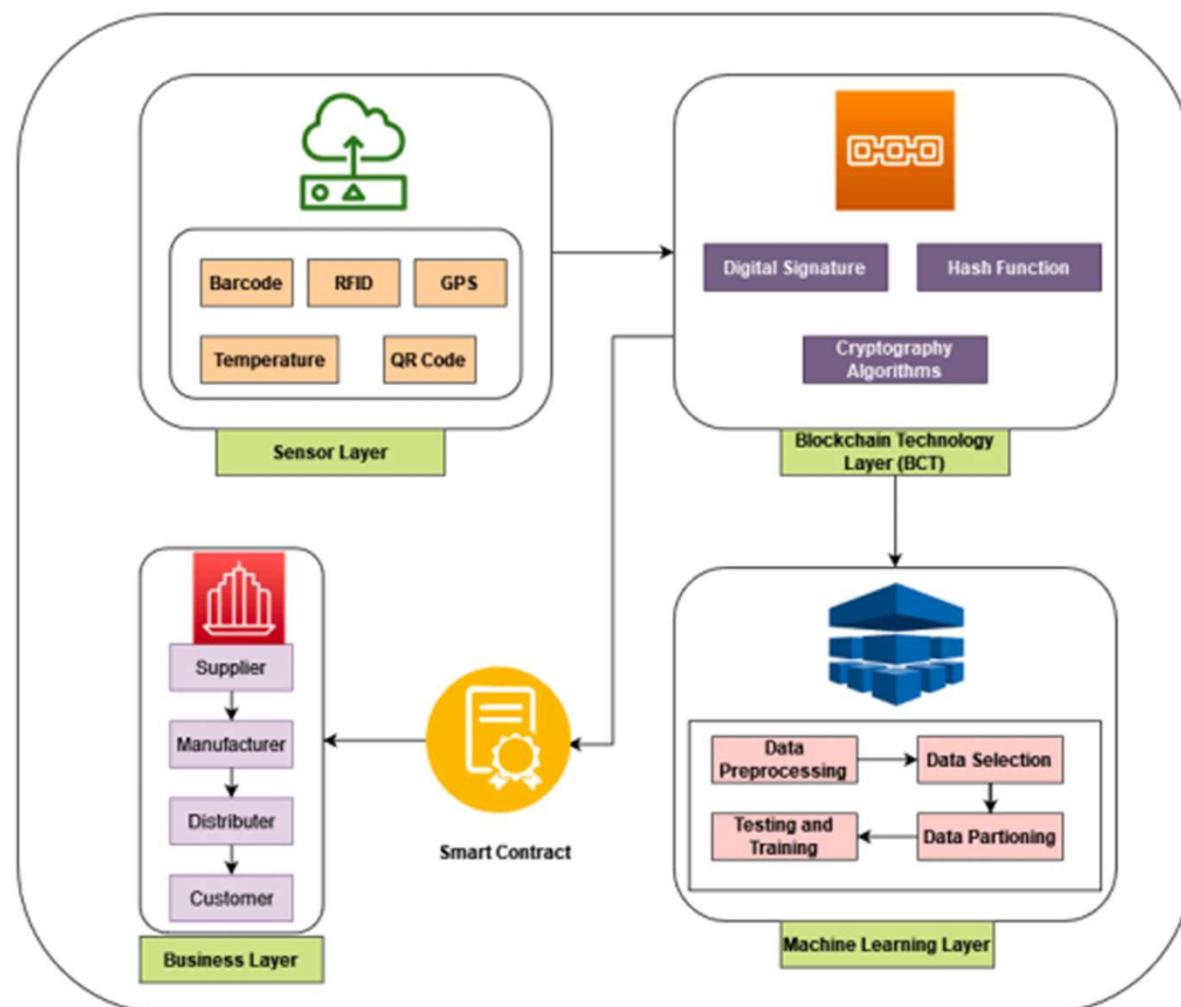
I° livello: sensori, che permettono di conoscere la posizione degli oggetti. Oltre a questi possono essere utilizzati anche sensori termici o di umidità;

Il livello le tecnologie blockchain, che permettono di valutare la qualità dei dati;

Il livello, detto anche “contratto intelligente”, è dove le informazioni sono registrate e condivise per rendere più efficiente la supply chain. Spesso queste ultime devono essere ristrette ad un gruppo limitato di persone per motivi di privacy;

IV livello di business, che include tutti i collegamenti tra fornitori, produttori, distributori e consumatori, controllati tramite blockchain

Figura 2.2: architettura del sistema proposto [11]



# Fasi del sistema di obiettivi

---

1. fase di inizializzazione: si concentra sui processi che avvengono all'interno dei confini aziendali e riconosce le caratteristiche del prodotto rilevanti per il sistema di controllo qualità intelligente
2. fase di analisi dello stato attuale e del controllo qualità: finalizzata a definire i sistemi di controllo qualità già presenti all'interno dell'azienda (si procede a compilare questionari strutturati che rilevano i problemi di qualità che si presentano, le modalità di risoluzione, i valori degli indicatori rilevati nello stato attuale e quelli da raggiungere. I dati raccolti vengono poi inseriti in un documento descrittivo, per facilitarne la comprensione).
3. fase di sintesi del sistema di obiettivi:
  - 3.1 identificazione degli obiettivi da raggiungere e i vincoli da rispettare (possibilità di apportare modifiche dei requisiti tecnici del sistema di controllo qualità).
  - 3.2 redazione del documento dei requisiti

