

# Gestione della Qualità con Intelligenza Artificiale

## Abstract

Affidabilità, puntualità ed efficienza sono solo alcune delle caratteristiche distintive delle attività di successo che, per mantenere elevati i propri standard, adottano tecniche sempre più precise e minuziose di controllo della qualità. Non è più sufficiente che la qualità si manifesti solo nel prodotto o nel servizio finale ma deve emergere lungo tutta la filiera: dai fornitori, al processo, ai servizi post-vendita e assistenza. La rivoluzione dell'industria 4.0, con la digitalizzazione e l'informatizzazione dei processi, permette di introdurre le più avanzate tecniche di intelligenza artificiale e sfruttarne le capacità per aumentare il controllo sui processi, gestire le criticità e cogliere le opportunità.

## Introduzione

La gestione della qualità è un aspetto centrale nel contesto di crescente competitività e diventa un punto cardine di sfida e opportunità nella gestione e nell'organizzazione dell'intero flusso fisico e informativo dei processi aziendali. La gestione della qualità è considerata un importante strumento di gestione strategica che comporta l'applicazione di principi e pratiche di qualità a tutti i livelli organizzativi. Una filosofia indirizzata alla qualità comporta una gestione della produzione e dei processi indirizzata a garantire elevati standard; infatti i clienti sono sempre più esigenti e alla ricerca di prodotti e servizi in linea con le proprie aspettative e questo influenza in modo determinante la soddisfazione dei clienti e l'immagine aziendale; non solo, una migliore gestione della qualità migliora anche le prestazioni interne dell'azienda, garantendo maggiore sicurezza e migliore esecuzione delle attività.

La gestione della qualità si concentra su un ampio e variegato insieme di attività che spaziano dal rifornimento, quindi dalla selezione dei fornitori alla valutazione delle materie prime in ingresso nei magazzini, alla consegna al consumatore finale e all'assistenza post-vendita. Inoltre, la gestione della qualità è un processo continuo di piccoli miglioramenti alla ricerca del livello di eccellenza per raggiungere efficienza, sostenibilità e competitività.

## La qualità come vantaggio competitivo

Il processo di globalizzazione delle economie ha portato ad un sensibile accrescimento della competitività tra organizzazioni. Micheal Porter, padre del marketing strategico, ha identificato tre differenti vantaggi competitivi cioè tre caratteristiche del prodotto o servizio che l'azienda deve tenere sotto controllo affinché i clienti non passino alla concorrenza. I tre tipi di vantaggio competitivo si riassumono in:

- Costo: la struttura dei costi aziendali non grava sull'azienda che può quindi offrire i propri prodotti e servizi a prezzi concorrenziali o mettere in atto strategie di sconti e promozioni;
- Differenziazione: i prodotti o servizi hanno caratteristiche distintive per cui sono preferiti dai clienti, come ad esempio caratteristiche tecnologiche o di immagine;
- Nicchia: il segmento di mercato dell'azienda è specifico e limitato a un numero contenuto di clienti.

L'introduzione o l'aggiornamento di un sistema di gestione della qualità deve essere mirato e personalizzato in funzione dell'azienda e del proprio *core business*. Nell'ottica di un processo di transizione verso una filosofia orientata alla qualità è quindi opportuno tenere sempre presente i fattori critici di successo dell'azienda, in altre parole gli aspetti rilevanti che sostengono il vantaggio competitivo, e i sistemi di misurazione di prestazioni e monitoraggio di questi fattori; avere sotto controllo i fattori critici e le

prestazioni permette di valutare e indirizzare le scelte di miglioramento dei sistemi di gestione della qualità senza disperdere risorse ed energie.

### L'apprendimento automatico

Il machine learning è una branca dell'intelligenza artificiale che raccoglie metodi sviluppati da differenti settori scientifici, come statistica, fisica e informatica, che sono utilizzati per scrivere programmi per l'apprendimento automatico di regole e pattern senza la definizione di istruzioni esplicite. Il processo di apprendimento, come definito da Tom Mitchell, si fonda su tre elementi: il compito da apprendere, l'esperienza e le prestazioni nel risolvere il compito. Un sistema è in grado di apprendere se all'aumentare dell'esperienza a disposizione aumentano le prestazioni. In generale, si distinguono tre categorie di compiti di apprendimento:

- Supervisionato: il sistema ha a disposizione un dato di ingresso e l'annotazione del dato; ad esempio, nell'industria del tessuto è possibile avere delle immagini di tessuti in ottime condizioni e immagini di tessuti danneggiati e insegnare a un sistema di riconoscimento a individuare e segnalare automaticamente le parti di tessuto danneggiato;
- Non-supervisionato: il sistema ha a disposizione solo il dato, ma non ha informazioni sull'annotazione del dato; spesso queste tecniche sono applicate in individuazione di anomalie<sup>1</sup> e nei contesti in cui non è possibile annotare i dati;
- Con rinforzo: il sistema ha a disposizione delle ricompense o delle penalità a seconda del comportamento e cerca di mettere in atto azioni per guadagnare più ricompense e non incorrere in penalità; questo tipo di tecniche è tipicamente adottato in contesti dinamici, incerti e competitivi, come ad esempio i giochi e i robot;

Il machine learning mette a disposizione nuovi strumenti per affrontare compiti complessi, come il riconoscimento di immagini e l'analisi di grandi quantità di dati, e per questo motivo sta avendo un impatto rilevante sui sistemi di gestione della qualità delle aziende. Un approccio comunemente usato è l'utilizzo di un classificatore supervisionato, come ad esempio: *K-Nearest Neighbor*, *Support Vector Machines*, *Naive Bayes Classifier*, *Decision Tree Classifier*, *Adaboost* e *reti neurali*. Sebbene preferibile e in grado di ottenere prestazioni paragonabili, talvolta superiori, delle capacità umane, le tecniche di apprendimento supervisionato non sono sempre opzioni disponibili. Infatti, la raccolta di dati opportunamente annotati è un procedimento che richiede tempo, energie e risorse; in alcuni casi può addirittura non essere possibile annotare i dati e si rende necessario ricorrere a tecniche di *data augmentation* o di generazione di dati sintetici<sup>2</sup>. In questi casi si ricorre a tecniche non supervisionate, come ad esempio: algoritmi di *clustering*, *K-Means* e simili, *One-Class Support Vector Machines* e *reti neurali* di tipo *Autoencoder* e *Generative Adversarial Networks*.

### Panoramica della letteratura

Aziende e comunità scientifica hanno dedicato attenzione e risorse per lo studio e lo sviluppo di applicazioni di tecniche di machine learning nell'ambito della gestione della qualità.

Ming et al (2020) presenta una revisione della letteratura in ambito di individuazione di difetti nei vetri 3C sempre usati nell'industria di Computer, Comunicazione ed elettronica di Consumo. I difetti del vetro, come graffi, fratture, fori e bolle, causano molti problemi negli strumenti elettronici dotati di schermi e touch screen. Il processo di identificazione dei difetti richiede avanzate tecniche di *imaging* per acquisire,

---

<sup>1</sup> <https://www.bigdata4innovation.it/big-data/individuazione-delle-anomalie-da-problema-a-opportunita/>

<sup>2</sup> <https://www.bigdata4innovation.it/intelligenza-artificiale/deep-learning-e-dataset-sintetici-come-affrontare-la-mancanza-di-dati/>

elaborare e segmentare le immagini degli schermi, algoritmi per l'estrazione degli attributi rilevanti e algoritmi di classificazione per individuare i problemi.

La gestione della qualità è di estrema importanza non solo nell'industria elettronica, ma anche nell'industria agro-alimentare. I sistemi di riconoscimento automatico di immagini possono aiutare in molti compiti del processo: gestione delle risorse idriche, individuazione di patologie, pianificazione del raccolto e molto altro ancora<sup>3</sup>.

Nell'industria tessile è possibile individuare più di 70 tipologie di difetti e in genere è necessario l'intervento di un ispettore umano per riconoscere il problema e intervenire (Hanbay et al, 2016). L'introduzione dei sistemi automatici di riconoscimento permette alle industrie di interrompere il processo di produzione nell'istante in cui i difetti si manifestano e quindi ridurre gli sprechi di materie prime, tempo e garantire la qualità del tessuto. Negli ultimi anni, a fianco dei metodi di analisi statistica e dei segnali sono state introdotte tecniche di apprendimento automatico che sfruttano le immagini catturate da fotocamere come classificatori *Naive Bayes*, *reti neurali feed-forward*, *reti neurali convoluzionali*, *Support Vector Machines* e *Algoritmi Genetici*.

Krummenacher et al (2020) presentano due approcci basati su apprendimento per l'individuazione di difetti nelle ruote dei vagoni ferroviari. La manutenzione è di estrema importanza nel settore dei trasporti, sia per garantire qualità e puntualità nel servizio, sia per evitare situazioni di pericolo e danno a persone o infrastrutture. Per identificare i problemi delle ruote sono state utilizzate delle serie storiche di dati raccolti da sensori posti sulle ruote e analizzati per mezzo di *reti neurali convoluzionali* e *Support Vector Machines*.

L'informazione chiave del processo decisionale sulla gestione della qualità nei prodotti è contenuta nell'opinione del consumatore finale. La soddisfazione dei consumatori è uno degli aspetti principali e molto spesso è espressa in post, commenti e reazioni espresse sui social media come *Facebook*, *Twitter*, *TripAdvisor*, *Amazon* e tanti altri. Il *text mining*, una branca del *data mining*, è un insieme di tecniche e metodi specializzati nell'estrazione di informazioni da grandi moli di dati testuali che, negli ultimi anni, ha affrontato l'analisi del testo su social media (Tang et al, 2014). Ad esempio, Yussupova et al (2016) hanno usato *Decision Tree Classifier* per analizzare le opinioni id 635824 revisioni di hotel e resort russi.

## Deep Learning e dati sintetici: applicazione delle GAN per l'individuazione dei difetti

Gli schermi di smartphone e tablet risentono molto di imperfezioni e difetti che possono manifestarsi sulla superficie del vetro; per questo motivo l'industria elettronica investe molte risorse nei sistemi di gestione della qualità (Yuan et al, 2018). In generale, le tecniche di individuazione dei difetti su vetro richiedono l'analisi di specifiche caratteristiche delle immagini e la conoscenza di esperti di settore è fondamentale per andare a rilevare gli attributi più significativi per circoscrivere il difetto. Le tecniche di apprendimento basate su *deep learning*, come le *deep neural networks*, sono appropriate per questo tipo di compiti e riescono ad ottenere ottime prestazioni anche in assenza del supporto degli esperti; a loro discapito, le tecniche di *deep learning* richiedono quantità maggiori di dati e spesso è necessario l'utilizzo di dati sintetici.

Un approccio interessante delle *Generative Adversarial Networks*, *GAN*, (Goodfellow et al, 2014) è stato presentato per l'individuazione di difetti negli schermi degli smartphone (Yuan et al, 2018). Le GAN sono formate da due *deep neural networks* che competono tra loro in un gioco a somma zero, cioè un gioco in cui vittoria o perdita si bilanciano. Una rete è chiamata generatore *G* e produce dei dati "fasulli", l'altra rete è chiamata discriminatore *D* e ha come obiettivo distinguere i dati "fasulli" prodotti dal generatore dai dati reali. L'obiettivo del generatore è imparare a creare dati "fasulli" molto simili ai dati reali in modo da trarre

---

<sup>3</sup> <https://www.agrifood.tech/analisti-ed-esperti/smart-agriculture-deep-learning/>

in inganno il discriminatore. Il generatore è spesso paragonato a un falsario il cui obiettivo è stampare banconote false per ingannare il finanziere, cioè il discriminatore: ogni volta che il finanziere impara a riconoscere le banconote false il falsario cercherà di trovare nuove strategie per ingannarlo.

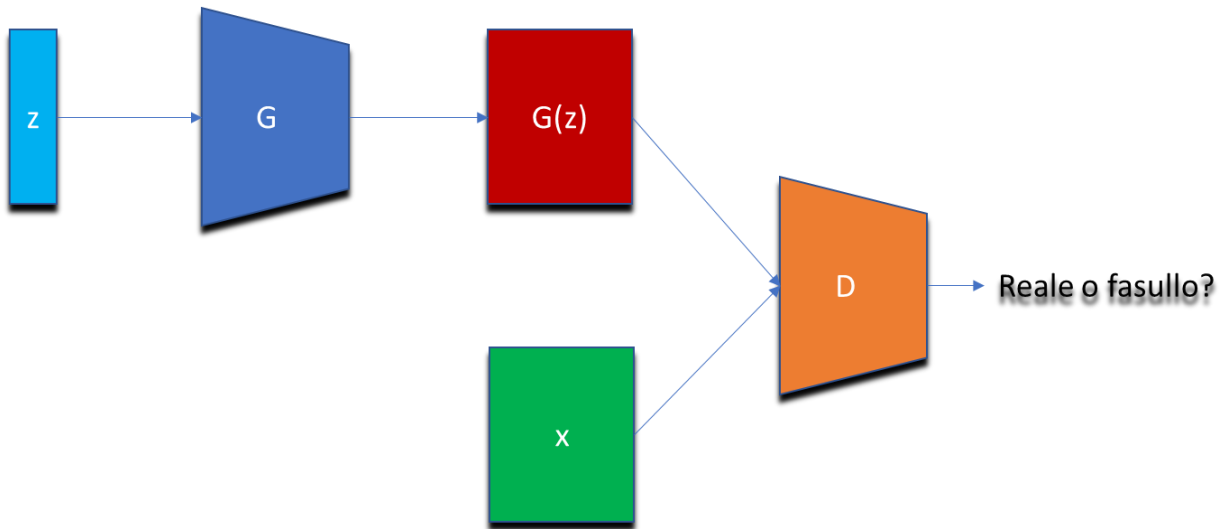


Figura 1: Schema di una GAN. Il generatore  $G$  produce dati fasulli  $G(z)$  nel tentativo di confondere il discriminatore  $D$  nel riconoscere i dati reali  $x$ .

A mano a mano che l'abilità del generatore  $G$  aumenta, la sua funzione e quella del training set si sovrappongono, facendo sì che  $D$  non sia più in grado di discernere l'origine dei dati. In termini statistici,  $D$  è addestrata in modo tale da massimizzare  $\log(D(x))$ , la probabilità che un dato provenga dal dataset, mentre  $G$  deve minimizzare il  $\log(1-D(G(z)))$  dove  $z$  è la rappresentazione nello spazio latente. La competizione è definita come un gioco minmax a somma zero, e è descritta dalla seguente funzione:

$$\min_G \max_D V(D, G) = E_{x \sim p_{\text{data}}(x)} [\log D(x)] + E_{z \sim p_z(z)} [\log (1 - D(G(z)))]$$

## Conclusioni

La gestione della qualità è un aspetto chiave della competizione e del successo aziendale. Le aziende hanno a disposizione molti strumenti, tecnologici, organizzativi e informativi, per migliorare i propri sistemi di gestione della qualità; gli sviluppi recenti nel settore del machine learning hanno ampliato il ventaglio di possibilità e le aziende stanno avviando processi di innovazione e miglioramento per trarne i benefici. Nel processo di innovazione dei sistemi di gestione della qualità le aziende devono prestare attenzione ai propri fattori critici di successo, sviluppare sistemi di misurazione e metriche adeguate al controllo e monitoraggio delle prestazioni per coordinare gli interventi di miglioramento.

Le tecniche di machine learning stanno dimostrando di poter supportare le aziende nello sviluppo di sistemi di gestione della qualità innovativi. L'approccio al problema con apprendimento supervisionato permette di ottenere ottime prestazioni, ma è spesso una strada percorribile in contesti aziendali che hanno già intrapreso un percorso di digitalizzazione e dispongono di dati correttamente annotati. In contesti in fase di digitalizzazione, in previsione dell'installazione di sensori per il monitoraggio dei processi e per studi di fattibilità è talvolta necessario l'utilizzo di strumenti per la generazione di dati sintetici o tecniche di apprendimento non supervisionato.

## Riferimenti

Fernandes, A. C., Sampaio, P., Sameiro, M., & Truong, H. Q. (2017). Supply chain management and quality management integration. *International Journal of quality & reliability management*.

Ming, W., Shen, F., Li, X., Zhang, Z., Du, J., Chen, Z., & Cao, Y. (2020). A comprehensive review of defect detection in 3C glass components. *Measurement*, 158, 107722.

Krummenacher, G., Ong, C. S., Koller, S., Kobayashi, S., & Buhmann, J. M. (2017). Wheel defect detection with machine learning. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 19(4), 1176-1187.

Tang, J., Chang, Y., & Liu, H. (2014). Mining social media with social theories: a survey. *ACM Sigkdd Explorations Newsletter*, 15(2), 20-29.

Yussupova, N., Kovács, G., Boyko, M., & Bogdanova, D. (2016). Models and methods for quality management based on artificial intelligence applications. *Acta Polytechnica Hungarica*, 13(3), 45-60.

Hanbay, K., Talu, M. F., & Özgüven, Ö. F. (2016). Fabric defect detection systems and methods—A systematic literature review. *Optik*, 127(24), 11960-11973.

Yuan, Z. C., Zhang, Z. T., Su, H., Zhang, L., Shen, F., & Zhang, F. (2018). Vision-based defect detection for mobile phone cover glass using deep neural networks. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 19(6), 801-810.

Goodfellow, I., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., ... & Bengio, Y. (2014). Generative adversarial nets. *Advances in neural information processing systems*, 27, 2672-2680.