

# Q-Bake: sistema di ispezione e controllo processo per linee di pane industriale

*Massimo Boninsegna, Andrea Bertuolo, Erica Vannini*

**EyePro System S.r.l**  
sales@eyeprosystem.com

## Abstract

Q-Bake è un sistema integrato di ispezione e monitoraggio che, a partire da dati acquisiti da sistemi di ispezione automatici basati su elaborazione di immagini posizionati direttamente in linea di produzione, permette il controllo di qualità del 100% dei prodotti e il controllo del processo in tempo reale.

In particolare, il sistema è stato sviluppato per linee produttive di prodotti da forno, quali: pane, pizza, biscotti, ecc. Il sistema fornisce dati e indici che attraverso il sistema informativo di fabbrica possono essere condivisi a vari livelli e fornisce uno strumento oggettivo per il processo decisionale.

## 1 Introduzione

Negli ultimi anni stiamo assistendo ad un continuo sviluppo di macchine automatiche impiegate nei processi produttivi. L'obiettivo è quello di migliorare l'efficienza produttiva, la qualità dei prodotti finiti e le condizioni di lavoro degli operatori di linea. Per ottenere questo è necessario disporre di strumenti automatici di monitoraggio e di misura in grado di acquisire dati oggettivi relativi alla qualità del prodotto, all'efficienza del processo, alla corretta parametrizzazione dei sistemi, alla presenza di malfunzionamenti, e in grado di fornire informazioni in tempo reale e/o di generare allarmi. In particolare, questi sistemi di ispezione devono poter acquisire in maniera automatica dati e caratteristiche dei prodotti e del processo in modo accurato e robusto, rendendoli quindi fruibili in tempo reale agli operatori e, attraverso il sistema informativo di fabbrica, alla catena decisionale. Laddove possibile, i sistemi di ispezione automatica devono inoltre essere in grado di controllare e retroazionare parti del processo produttivo, in modo da prevenire deviazioni rispetto ai target di processo, per permettere la sua ottimizzazione. L'integrazione di sistemi di ispezione e retroazione automatici con i sistemi informativi di fabbrica e con le macchine di produzione sta alla base del nuovo paradigma manifatturiero: la cosiddetta Industria 4.0.

## 2 Sistemi IA nel mondo industriale

Esistono delle peculiarità proprie del settore industriale per quanto riguarda l'uso di sistemi automatici che integrano intelligenza artificiale (IA). In particolare, è fondamentale

considerare le seguenti criticità per l'introduzione di queste tecniche nell'industria: i dati devono essere accurati; piccole variazioni possono produrre grandi effetti e quindi l'acquisizione e l'elaborazione dei dati deve essere precisa o, per meglio dire, l'errore sui dati deve essere minimizzato e il margine di errore in termini di falsi positivi e/o falsi negativi anch'esso minimizzato. Al contempo, la reattività deve essere molto elevata e i tempi di apprendimento il più possibile ridotti. Infine, i dati estratti devono essere facilmente interpretabili e comprensibili. In breve, i sistemi usati, per quanto complessi da un punto di vista tecnologico e di elaborazione, devono poter essere fruiti da persone non specializzate e le informazioni prodotte devono essere di ausilio alla catena decisionale e ad operatori principalmente esperti del processo produttivo.

## 3 Q-Bake

Il monitoraggio di linee produttive ad alta capacità (ad esempio nel caso di pane da hamburger si arriva a flussi produttivi pari a 1500 prodotti/min, e nel caso di biscotti si può arrivare a flussi produttivi di 5000 prodotti/min) non può essere più effettuato da operatori umani, bensì si rende necessario l'intervento di sistemi automatici. Questi devono essere in grado di misurare le dimensioni, il volume, il colore ed in generale la conformità dei prodotti rispetto a parametri definiti come "standard".

I dati acquisiti devono essere immediatamente fruibili dagli operatori di linea, ed inoltre disponibili per la trasmissione ai macchinari di processo per la loro retroazione automatica (ad esempio per il controllo della temperatura del forno, dei tempi di lievitazione, o dei parametri di dosaggio ingredienti o di formatura, o ancora per l'ottimizzazione dei flussi nelle aree di packaging). Infine, i dati caratterizzanti il processo devono essere resi disponibili in tempo reale ad operatori umani con funzione di supervisione, oltre che all'intera catena decisionale (responsabili qualità, produzione, management) per la gestione e verifica dei processi attraverso un'analisi storica più approfondita.

Il sistema Q-Bake, progettato e sviluppato da EyePro System nel corso degli ultimi 15 anni, porta a compimento gran parte di questi obiettivi attraverso l'uso di tecniche

avanzate di elaborazione immagini, pattern recognition, analisi statistica e tecniche di elaborazione propri dell'IA.

Q-Bake, e in generale i sistemi di controllo ed ispezione basati su elaborazione immagini, forniscono misure oggettive dei prodotti e classificano la conformità di questi ultimi, fornendo quindi le informazioni necessarie a caratterizzare in maniera efficiente il processo produttivo. Essi possono essere usati inoltre come base per l'estrazione di indici statistici di processo al fine di monitorarlo e controllarlo. Sulla base dei dati acquisiti, Q-Bake è in grado inoltre di intraprendere eventuali azioni correttive, in maniera autonoma, oltre a scartare automaticamente i prodotti non conformi con sistemi di scarto integrati.

Utilizzando sistemi di ispezione basati su visione artificiale come quelli implementati nel sistema Q-Bake, è possibile acquisire informazioni relative a: dimensioni dei prodotti (diametri, lunghezze/larghezze, altezza, volume); colore di cottura (sia per la superficie superiore che per quella inferiore); misure relative alla presenza di elementi decorativi e alla quantità e distribuzione di farciture; misure relative alla conformità di elementi impressi sulla superficie del prodotto, e così via. Inoltre, grazie alla recente introduzione dell'analisi multispettrale nel vicino infrarosso, si è aggiunta alle informazioni disponibili anche il grado di umidità della superficie dei prodotti, con la sua distribuzione.

I sistemi sensoriali dei sistemi Q-Bake sono quindi in grado di elaborare immagini a colori, tridimensionali e multispettrali ed estrarre per ogni prodotto ispezionato caratteristiche misurabili e confrontarle con caratteristiche apprese in automatico e/o con criteri definiti dagli utenti al fine di classificarne la conformità.

Per garantire ciò, i sistemi di acquisizione necessitano di essere robusti e affidabili nel tempo, mentre i dati acquisiti devono essere accurati, precisi e stabili rispetto alle condizioni di lavoro in impianti industriali (si veda Figura 1). Va considerato che il particolare contesto applicativo dei prodotti da forno richiede di dover ispezionare prodotti naturali la cui variabilità intrinseca fa parte del processo produttivo e quindi algoritmi semplici di misura e caratterizzazione non sono applicabili. In particolare, il sistema utilizza algoritmi basati su tecniche di apprendimento automatico, sia della forma che delle caratteristiche di colore dei prodotti (classificando ad esempio diverse farciture dei prodotti, si veda Figura 2).

Per il controllo in retroazione (ad esempio della temperatura del forno) sono state usate tecniche di modellizzazione predittive che fanno uso di tecniche a logica fuzzy.

Tutta la catena del processing fa uso di tecniche avanzate di statistical pattern recognition e l'interazione uomo-macchina si basa su semplici e intuitivi comandi.

I sistemi sensoriali basati su elaborazione di immagini devono essere in grado di comunicare con altri sistemi presenti sull'impianto usando protocolli di comunicazione standard (es. OPC, Ethernet-IP, Powerlink, Socket). I dati elaborati

sono presentati in modo semplice e chiaro ai supervisori di linea tramite monitor e touchscreen con l'uso di grafici, trend, istogrammi (si veda Figura 3), e infine strutturati in database per successive analisi statistiche di dettaglio fuori linea e per la generazione automatica di report con indici di capacità del processo.



Figura 1: Esempio di sistema di ispezione su linea.

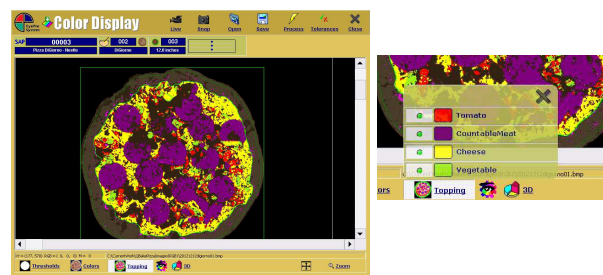


Figura 2: Esempio di classificazione colore su una pizza.



Figura 3: Esempio di interfaccia RTPM per il controllo di processo.

## 4 Conclusioni

Q-Bake è un sistema integrato per il controllo del 100% della produzione su una linea di prodotti da forno. È costituito da un insieme di moduli di acquisizione basati su elaborazione di immagini (colore, 3D, multispettrali) che estraggono dati caratteristici dei prodotti e del processo. I dati di ogni singolo prodotto ispezionato sono usati per la classificazione di conformità, e per la computazione di indici utilizzati per il controllo di processo. L'elaborazione fa uso di tecniche avanzate di statistical pattern recognition e permette l'estrazione in tempo reale dei dati e la loro condivisione con altri macchinari. I dati possono così essere usati per attivare sistemi di scarto del prodotto non conforme, per retro azionare e controllare macchinari di processo, ottimizzando il processo. Q-Bake è inoltre in grado di rappresentare i dati in modo semplice e chiaro, fornendo agli operatori dei diversi livelli uno strumento oggettivo e completo di supporto al processo decisionale.