

Il mercato mondiale dei sistemi di visione per l'industria food & beverage ha raggiunto il valore di 1,9 miliardi di dollari, con un tasso di crescita del 7% medio annuo nell'arco dell'ultimo decennio.



Foto Acquire Automation

VISIONE ARTIFICIALE: AUMENTANO LE APPLICAZIONI NELL'ALIMENTARE

di Giuseppe Tamburini



I sistemi di visione artificiale sono un'innovativa tecnologia nel settore dell'automazione e nel più ampio contesto dell'intelligenza artificiale, che viene oggi utilizzata in diversi settori industriali, tra cui l'industria alimentare e delle bevande.

La visione artificiale è l'insieme dei processi che mirano a creare un modello quanto più attendibile possibile del mondo reale tridimensionale, partendo da immagini bidimensionali, con lo scopo principale di riprodurre, sostituendola, la visione umana. Tale tecnologia comprende tutte le applicazioni industriali, in cui una combinazione di hardware e di software fornisce una guida operativa ai vari dispositivi nell'esecuzione delle loro specifiche funzioni, catturando le immagini ed elaborandole.

I sistemi di visione artificiale sono utilizzati per il controllo qualità, dove rappresentano una tecnologia ideale per soddisfare contemporaneamente le numerose

richieste da parte dei clienti di conformità agli standard qualitativi nazionali e internazionali, e per incrementare la produttività, automatizzando al massimo i processi produttivi, consentendo di leggere codici, controllare eventuali difetti, effettuare misure, selezionare, controllare i prodotti, identifi-

Figura 1 - Mercato mondiale dei sistemi di visione artificiale per industria alimentare: 2008 - 2018



MAA (Incremento medio annuo percentuale 2008 - 2018): + 7,0
Fonte: Analisi Incrociata industrie alimentari - industrie produttrici di sistemi di visione artificiale

Tab. 1 - Mercato mondiale dei sistemi di visione artificiale per industria alimentare suddiviso per area geografica: anno 2018

Area geografica	Milioni \$
Nord America, di cui:	665
USA	590
Canada	75
America Latina	50
Europa Occidentale	595
Europa dell' Est	58
CSI	62
Asia - Pacifico	410
Africa	25
Medio Oriente, di cui:	35
Turchia	15
altri paesi	20
Totale mondo	1.900

Fonte: Analisi Incrociata industrie alimentari - industrie produttrici di sistemi di visione artificiale

Figura 2 - Mercato mondiale dei sistemi di visione artificiale per industria alimentare suddiviso per area geografica (in %) anno 2018



care i prodotti ecc. Sono utili alla tracciabilità dei prodotti alimentari per quanto concerne una serie di fattori quali: identificazione del lotto di produzione, data di scadenza, validità qualitativa del contenuto, corretto posizionamento delle etichette ecc.

Sono pure utili in fase di imballaggio primario e secondario: un esempio di utilizzo nell'imballaggio alimentare è rappresentato dal sistema che ispeziona il livello di riempimento delle bottiglie per bevande. Ogni bottiglia viene sottoposta a un sensore di ispezione che acquisisce l'immagine della bottiglia, e la archivia in memoria; a questo punto un software di visione elabora l'immagine della bottiglia e la analizza, emettendo una risposta automatica, con la quale accetta oppure rifiuta la bottiglia in base al livello di riempimento. Se la bottiglia risulta riempita non conformemente ai livelli standard impostati, viene automaticamente espulsa da un deviatore. Infine i sistemi di visione artificiale possono anche essere utilizzati per gestire un robot nell'allineamento dei vari pezzi sia in fase di processo produttivo, sia in fase di imballaggio.

Oltre che nell'industria alimentare, i si-



stemi di visione artificiale vengono utilizzati in numerose industrie manifatturiere.

Il mercato mondiale dei sistemi di visione artificiale per lo specifico settore dell'industria alimentare e delle bevande ha raggiunto nel 2018 il valore di 1,9 miliardi di dollari, con un tasso di crescita del 7% medio annuo nell'arco dell'ultimo decennio (figura 1).

Attualmente il mercato mondiale si concentra per circa i due terzi in Nord America ed Europa Occidentale (tabella 1).

Gli Usa restano comunque al momento il maggior mercato mondiale dei sistemi di visione artificiale.

Anche l'offerta di sistemi di visione arti-

ficiale è concentrata in prevalenza in Nord America. Se si considerano i più significativi player del settore, il 40% sono produttori di casa madre statunitense; un altro 35% sono produttori europei (in prevalenza società tedesche); in terza posizione i produttori giapponesi (12%); il restante 13% è di produttori di altre aree geografiche, in prevalenza società asiatiche e israeliane. L'offerta cinese, in fase di sostenuta crescita, è allo stato attuale alquanto frammentata; il maggior produttore cinese di sistemi di visione artificiale (la società Daheng New Epoch Technology) ha una quota del mercato mondiale di circa l'1,5%.

Negli Usa gli investimenti in intelligenza

Tab. 2 - Mercato dei sistemi di visione artificiale per industria alimentare in Europa Centro-Orientale per paese: anno 2018

Paese	Milioni \$
Russia	50
Altri paesi CSI	12
Polonia	22
Repubblica Ceca - Slovacchia	11
Ungheria	11
Paesi della ex Jugoslavia	14
Totale Europa centro-orientale	120

Fonte: Analisi incrociata industrie alimentari - industrie produttrici di sistemi di visione artificiale

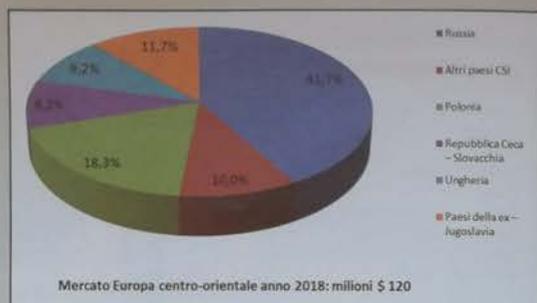


artificiale, di cui i sistemi di visione sono una voce, e la relativa ricerca sono per lo più trainati dal settore accademico e privato.

Per contro nelle altre aree geografiche, compresa l'Europa, sono per lo più trainati dagli interventi pubblici. In area europea spicca il mercato tedesco, secondo al mondo dopo gli Usa: la Germania ha messo in campo circa 600 milioni di euro per l'introduzione dell'intelligenza artificiale nel suo complesso in diversi settori industriali, entro il 2020, circa il 60% di quanto stanziato dall'intera Unione Europea. In America Latina gli investimenti in sistemi di visione artificiale sono per il momento ancora limitati rispetto alle potenzialità dei paesi di quest'area geografica, soprattutto in campo agro-alimentare: sono ancora molto poche le società che hanno investito in tecnologie attinenti all'intelligenza artificiale, tanto che nessuna società latinoamericana figura nelle top 4.500 che già nel mondo hanno incorporato

I sistemi di visione artificiale sono utilizzati per il controllo qualità, con la verifica della conformità agli standard richiesti, e per incrementare la produttività, automatizzando al massimo i processi produttivi, consentendo di leggere codici, controllare eventuali difetti, effettuare misure, selezionare, identificare i prodotti ecc. (Foto Opto Engineering)

Figura 3 - Mercato dei sistemi di visione artificiale per industria alimentare in Europa Centro - Orientale per paese (in %): anno 2018



tali tecnologie. Anche la produttività media e il valore aggiunto delle industrie agroalimentari in America Latina sono progressivamente diminuiti negli ultimi anni.

Proprio per questo l'industria agroalimentare latinoamericana necessita urgentemente dell'adozione di tali tecnologie.

Più sviluppato il business dei sistemi di visione artificiale in Europa Orientale, dove i maggiori mercati per dimensioni sono Russia e Polonia (tabella 2). In Russia comunque la situazione degli impianti alimentari in generale necessita di un ulteriore forte ammodernamento tecnologico, per colmare il divario con i paesi UE.

Terzo mercato mondiale dopo gli Usa e la Germania nei sistemi di visione artificiale per l'industria del food & beverage è la Cina che rappresenta circa il 50% dell'intero mercato asiatico (tabella 3), e circa l'11% di quello mondiale. Secondo mercato asiatico è quello giapponese, dove le tecniche di visione artificiale sono da tempo consolidate.

Altri mercati asiatici di un certo rilievo sono quelli australiano e neozelandese e quello sud coreano. Tra gli altri paesi asiatici, Taiwan emerge per adozione di tecnologie inerenti l'intelligenza artificiale. Oltre alla leadership nel campo delle tecnologie informatiche, nel paese tra i settori più progrediti

figura anche l'industria alimentare: in particolare industria dello zucchero, olio di semi, conserve di pesce, e birra.

Anche a Singapore esiste una fiorente industria alimentare. Trattandosi di un paese ad elevato reddito pro capite vi è un'ampia offerta di generi alimentari di fascia alta, alimentata da un'altrettanto consistente domanda.

LE TECNOLOGIE

Un sistema di visione artificiale è costituito dall'integrazione di numerosi componenti ottici, elettronici e meccanici che permettono di acquisire, registrare ed elaborare immagini sia nello spettro della luce visibile che al di fuori di essa (infrarosso, ultravioletto, raggi X ecc.). Più in dettaglio, i componenti di un sistema di visione artificiale sono:

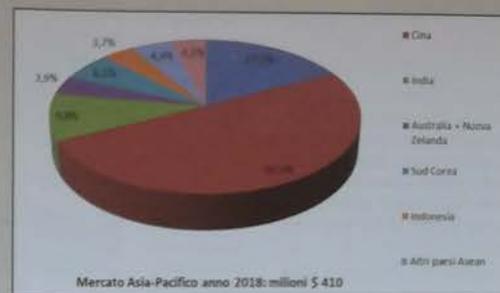
- componenti di illuminazione: servono a evidenziare le caratteristiche dell'oggetto, rendendolo chiaramente visibile alla telecamera;
- lenti: catturano le immagini e le presentano al sensore sotto forma di luce;
- sensori di acquisizione: convertono la luce in immagine digitale che viene poi analizzata dal processore;
- sensori di visione sono strumenti in grado di elaborare le informazioni ottiche, in modo da fornire in uscita un segnale digitalizzato. Le parti da ispezionare vengono posizionate di fronte a una o più telecamere ed il-

Tab. 3 - Mercato dei sistemi di visione artificiale per industria alimentare in Asia - Pacifico suddiviso per paese: anno 2018

Paese	Milioni \$
Giappone	70
Cina	207
India	40
Australia + Nuova Zelanda	16
Sud Corea	25
Indonesia	15
Altri paesi Asean	20
Altri paesi (*)	17
Totale Asia - Pacifico	410

(*) Per la quasi totalità Vietnam
(*) In prevalenza Taiwan
Fonte: Analisi incrociata industrie alimentari - industrie produttrici di sistemi di visione artificiale nell'area asiatica

Figura 4 - Mercato dei sistemi di visione artificiale per industria alimentare in Asia - Pacifico suddiviso per paese (in %): anno 2018



luminati in modo da evidenziare i possibili difetti.

Tradizionalmente le telecamere utilizzate sono di tipo CCD (Charged Coupled Device), ovvero basate su sensori a trasferimento di carica: in tali sensori le immagini vengono digitalizzate e registrate su un chip tramite fototransistor. La tecnologia più performante allo stato attuale è però quella che fa ricorso a telecamere completamente digitali, intercambiabili, ad elevata risoluzione e a scansione lineare, facilmente configurabili e utilizzabili per tutte le ispezioni delle diverse fasi della produzione. Col diffondersi delle videocamere interamente digitali a sfavore di quelle ad uscita analogica è aumentato l'impiego dei sensori CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor), rendendo sempre più economica l'integrazione dell'elettronica di trasferimento e comunicazione, e consentendo l'utilizzo di dispositivi con maggiori capacità di calcolo e memoria. La tecnologia CCD, pur essendo ormai matura e consolidata, è comunque preferibile in quanto a sensibilità, qualità dell'immagine, rapporto segnale/rumore, ma i sensori CMOS trovano sempre più larghe applicazioni, in

quanto sono più veloci, meno ingombranti, e hanno un basso consumo di potenza complessiva.

Alle tradizionali telecamere industriali si affiancano sempre più spesso telecamere intelligenti (smart camera), ovvero sistemi compatti di trattamento di immagini in cui i componenti di digitalizzazione, elaborazione e memoria sono integrati con il sensore di immagine nello stesso dispositivo. I sistemi di visione basati su smart camera presentano il grosso vantaggio di essere compatti, grazie all'eliminazione dei componenti periferici, flessibili e convenienti. Una smart camera è in grado di eseguire un

programma applicativo che controlla l'acquisizione delle immagini, le elabora, e utilizza le risorse di comunicazione per rendere tali immagini disponibili sull'uscita video, con gli esiti delle operazioni. I vantaggi della smart camera rispetto a un tradizionale sistema di visione PC-based si possono così riassumere:

- dimensioni più contenute, data la compattezza del sistema smart camera;
- l'avanzare della tecnologia DSP (Digital Signal Processing) ha ribaltato a favore delle smart camera il divario in termini di potenza di calcolo;
- la smart camera è generalmente una telecamera digitale, nella quale il segna-

le viene convertito direttamente in valori numerici senza subire manipolazioni analogiche di alcun tipo;

- la smart camera consente di pervenire rapidamente ad una decisione, estraendo dall'immagine le informazioni richieste tramite algoritmi;
- i diversi componenti che compongono i sistemi di visione vengono coordinati e connessi con tutti gli altri elementi della macchina, consentendo in tal modo una completa e rapida comunicazione tra di essi; ciò può avvenire tramite PLC (controllore logico programmabile) oppure tramite irvio di dati su connessione seriale ad un apposito dispositivo che raccoglie e utilizza le informazioni.

La tendenza nei prossimi anni sarà per un'ulteriore penetrazione dei sistemi di visione basati sulla tecnologia delle smart camera a svantaggio dei tradizionali sistemi PC-based, tecnologia che per ora è comunque ancora predominante. La tecnologia basata su smart camera è però considerata attualmente la più performante.

Le diverse tecnologie utilizzano telecamere e sensori sempre più potenti e compatti, facilmente integrabili coi sistemi industriali già in essere; con il diffondersi delle tecnologie più innovative anche i costi diminuiscono.

PREVISTA UNA CRESCITA SOSTENUTA

Pur essendo ancora un mercato sostanzialmente "di nicchia", il mercato dei sistemi di visione artificiale è destinato a crescere a ritmi sostenuti nei prossimi anni, in relazione ad una serie di considerazioni.

- i sistemi di visione artificiale consentono di ispezionare facilmente dettagli e rilevare difetti troppo piccoli per essere visti dall'occhio umano;
- velocità di ispezione: un sistema di visione artificiale può ispezionare fino ad alcune migliaia di pezzi al minuto;
- estrema precisione: grazie alla rilevazione dei difetti tramite immagine, le immagini stesse dei difetti vengono memorizzate, e i punti critici del processo

Un sistema di visione artificiale è costituito dall'integrazione di numerosi componenti ottici, elettronici e meccanici che permettono di acquisire, registrare ed elaborare immagini sia nello spettro della luce visibile che al di fuori di essa (infrarosso, ultravioletto, raggi X ecc.)



Foto Cognex

- vengono immediatamente identificati;
- elevata semplicità di utilizzo dei sistemi di visione artificiale, grazie alla facile interfaccia uomo - macchina;
- vengono incrementati gli standard qualitativi del prodotto finito, grazie ai sofisticati sistemi di controllo in tempo reale e 24 ore su 24, anche ad elevate velocità del processo di produzione e con elevati lotti di produzione;
- vengono ridotti gli spazi di ingombro e i costi globali di gestione del processo;
- elevata flessibilità produttiva, resa possibile da rapidi sistemi di variazione dei parametri di processo;
- costanza dei controlli, garantita sulla produzione totale al 100%; i pezzi difettosi vengono automaticamente espulsi e scartati. Inoltre, grazie all'adozione di opportuni sistemi automatici di calibratura, è garantita la completa riproducibilità del processo;
- i controlli sono perfettamente ripetibili senza minima variazione dei parametri da un controllo a quello successivo;
- completa tracciabilità del prodotto, fattore di fondamentale importanza nel settore alimentare, con registrazione di tutti gli alimenti controllati;
- essendo ridotto l'intervento umano, è aumentata la sicurezza degli operatori; è prevenuta la contaminazione degli stessi da ambienti pericolosi.

In sintesi, la visione artificiale, come in genere tutte le tecnologie collegate all'intelligenza artificiale, non è una tecnologia sostitutiva del lavoro umano,

ma aiuta gli operatori a lavorare meglio, con minor fatica e minori rischi, e con risultati migliori in termini di produttività ed efficienza.

A livello mondiale il mercato dei sistemi di visione artificiale nello specifico settore dell'industria agroalimentare è previsto crescere ad un tasso medio annuo del 7,7%, per arrivare ad attestarsi a 2,56 miliardi di dollari nel 2022; l'industria agroalimentare, per le sue caratteristiche, è ritenuta una di quelle destinate a registrare il tasso di crescita più elevato nell'adozione di tali sistemi.

Per quanto concerne le aree geografiche, valgono le seguenti considerazioni:

- in Nord America il Canada è stato uno dei primi paesi ad annunciare già nel 2017 un piano di investimenti nelle tecnologie afferenti all'intelligenza artificiale, compresi i sistemi di visione artificiale per industria manifatturiera, con uno specifico documento governativo in proposito;
- negli Usa l'amministrazione Obama già nel 2016 aveva promosso una serie di studi finalizzati a stabilire delle politiche utili a incrementare gli effetti positivi dell'intelligenza artificiale e dei sistemi di visione artificiale, senza però predisporre un piano di investimenti. In ogni caso la presenza di colossi della visione artificiale (come visto tra i top players a livello mondiale il 40% sono di casa madre statunitense), il significativo impe-

gno della ricerca accademica e delle società manifatturiere, nonché la presenza di laboratori interdisciplinari aperti alla collaborazione a livello mondiale, fanno sì che gli Usa occupino a tutt'oggi una posizione di leadership nella competizione internazionale. A riconferma di ciò si veda il recente annuncio dell'amministrazione Trump di un piano di investimenti per rilanciare e confermare la supremazia USA nel campo delle tecnologie afferenti all'intelligenza artificiale. Il piano è impostato sui alcuni pilastri fondamentali:

- creazione di ben definiti standard di riferimento;
- accesso a big data;
- diffusione a largo raggio delle competenze tecniche;
- collegamenti worldwide.

Nei prossimi anni saranno ancora gli Usa a sostenere la quota più consistente di spesa in sistemi di visione artificiale;

- Europa: manca ancora in Europa una comune strategia di aggregati di Ricerca & Sviluppo in grado di consolidare la ricerca industriale: la stessa industria europea è ancora troppo frammentata, e manca di una visione in grado di sostenere gli investimenti. Va infine rilevato che in Europa, in generale, prevale una maggior attenzione alla protezione dei dati, piuttosto che una valorizzazione delle loro effettive potenzialità di utilizzo. Ultimamente anche il nostro continente sta migliorando l'approccio alle tecnologie legate all'intelligenza artificiale, incrementando gli investimenti pubblici e privati. Tra il 2018 e il 2020 gli investimenti in tecnologie di intelligenza artificiale dovrebbero essere implementati di circa 1,7 miliardi di dollari, con un ulteriore possibile incremento di fondi di altri circa 2,8 miliardi \$ da partner pubblici e privati; in ogni caso gli investimenti europei sono considerati ancora insufficienti per competere con Usa, Giappone e Cina;
- Asia - Pacifico: la crescita più sostenuta del mercato dei sistemi di visione artificiale si registrerà in Giappone

Tab. 4 - Previsioni di sviluppo del mercato mondiale dei sistemi di visione artificiale per aree geografiche: 2018 - 2023⁽¹⁾

Area geografica / paese	Miliardi \$		IMA% (1)
	2018	2022	
Nord America	665	929	+ 8,7
Europa Occidentale	595	769	+ 6,6
Giappone	70	104	+ 10,4
Cina	207	295	+ 9,3
India	40	57	+ 9,3
Altri paesi asiatici	93	130	+ 8,7
Russia	50	59	+ 4,2
America Latina	50	60	+ 4,7
Turchia	15	19	+ 6,1
Resto mondo	115	138	+ 4,7
Totale mondo	1.900	2.580	+ 7,7

(1) I dati sono a \$ costante 2018.
 (2) IMA% = incremento medio annuo percentuale 2018 - 2022
 Fonte: Consensus aziende agroalimentari - aziende produttrici di sistemi di visione artificiale.

(tabella 4), data la presenza consolidata di colossi in grado di offrire sistemi avanzati e la forte propensione delle aziende agroalimentari giapponesi agli investimenti in tecnologie d'avanguardia;

- seguiranno per tassi di crescita Cina e India. La Cina ha dichiarato di voler diventare, entro il 2030, la maggior potenza mondiale nelle tecnologie legate all'intelligenza artificiale. Con uno stanziamento, già nel 2017 di circa 2 miliardi di dollari da parte del Governo Cinese e circa altrettanto nel 2018 in parchi tecnologici di Ricerca & Sviluppo, il percorso in questa direzione sembrerebbe avviato. Il supporto governativo cinese oltre ad attirare ricercatori da altre parti del mondo, tende anche a fornire un sostenuto supporto alle start up;
- in ogni caso, al di là delle dichiarazioni, la potenza cinese dovrà scontrarsi con la potenza Usa; se in termini di investimenti pubblici la Cina batte gli Usa, in termini di investimenti da parte di istituzioni e centri accademici privati, gli Usa battono decisamente la Cina;
- l'India nel 2018 ha formulato un proprio Piano per lo sviluppo dei sistemi di visione artificiale; anche la Corea del Sud ha di recente annun-

ciato un fondo quinquennale di investimenti in Ricerca & Sviluppo in questo settore. Altri piani, in fase di realizzazione più o meno avanzata, sono in corso in altri paesi asiatici: in particolare, Malaysia, Taiwan e Singapore;

- altre aree geografiche: nelle altre aree geografiche paesi con buone prospettive di sviluppo sono i Paesi Arabi del Golfo, Tunisia e alcuni paesi dell'Africa subsahariana;
- più incerte le prospettive in Russia e America Latina; va comunque rilevato che tanto la Russia quanto il Messico hanno annunciato come priorità gli investimenti in tecnologie correlate all'intelligenza artificiale.
- per quanto riguarda la Turchia, nonostante l'attuale situazione di difficoltà di copertura finanziaria delle aziende dovuta agli altissimi tassi di interesse, le prospettive di lungo termine di investimenti in tecnologie di visione artificiale restano moderatamente positive, soprattutto per quanto concerne le aziende agroalimentari di certe dimensioni e fortemente orientate alle esportazioni, grazie alla pesante svalutazione della lira turca, i bassi costi della manodopera locale e il livello medio - alto della manodopera specializzata.