

INDUSTRIA 4.0

Internet of Things: soluzioni e applicazioni industriali



Dobbiamo partire dal 1999 per iniziare a parlare di *Internet of Things*, espressione attribuita a Kevin Ashton del Mit (*Massachusetts Institute of Technology*) per descrivere un sistema dove Internet viene connessa al mondo fisico tramite una rete di sensori.

Lo scopo di questo tipo di soluzioni è quello di monitorare, controllare e trasferire dati per poi svolgere azioni conseguenti. Dalle aziende alle case, fino agli oggetti connessi indossabili (i "wearable device", come gli smartwatch), sono miliardi gli oggetti oggi connessi in tutto il mondo.

I dati dell'Osservatorio *Internet of Things* del Politecnico di Milano evidenziano un mercato in crescita che, nel 2017, in Italia è arrivato a toccare i 3,7 miliardi di euro (+32% rispetto al 2016). Un tasso di crescita, peraltro, che risulta allineato o superiore a quello di altri Paesi occidentali. Il settore agroalimentare si pone come uno tra i settori in cui si sta lavorando concretamente per sfruttare le potenzialità dell'*Internet of Things*, a tutti i livelli della filiera: agricoltura, produzione industriale e distribuzione. Si tratta, dunque, di applicazioni che abilitano la raccolta e la comunicazione di dati al fine di garantire un maggiore controllo dei processi, con il duplice obiettivo di generare efficienza e garantire la qualità del prodotto finale.

58

**INTERNET OF THINGS.
STORIA E APPLICAZIONI NELL'ALIMENTARE**
Carlo Marchisio e Fabio Massimo Marchetti

62

**INTERNET OF THINGS.
TECNOLOGIE E SCENARI PER L'ALIMENTARE**
Armando Martin

65

**INTERNET OF THINGS.
Sviluppi e opportunità per l'agrifood**
Filippo Renga e Chiara Corbo

Internet of Things

Storia e applicazioni nell'alimentare

Particolarmente vantaggiosa la costruzione del cosiddetto "digital twin"

di Carlo Marchisio* e Fabio Massimo Marchetti**

* Consultant Automation Food & Beverage Industry

** Business Development and Innovation Advisor, Food & Beverage

Due gli ambiti di applicazione della tecnologia Internet of Things nell'alimentare.
Distinti, ma contigui.
Quello dei produttori di macchinari per la produzione e il confezionamento e quello delle aziende che utilizzano questi macchinari

Internet delle cose (o, più propriamente, Internet degli oggetti o IoT, acronimo dell'inglese *Internet of Things*) è un neologismo riferito all'estensione di Internet al mondo degli oggetti e dei luoghi concreti, introdotto da Kevin Ashton, cofondatore e direttore esecutivo di Auto-ID Center (consorzio di ricerca con sede al *Massachusetts Institute of Technology*, Mit), durante una presentazione presso Procter& Gamble nel 1999.

In base ai risultati della ricerca dell'Osservatorio Industria 4.0 della *School of Management* del

Politecnico di Milano, l'*Industrial IoT* (riferito alla sola componentistica per connettere i macchinari alla rete) si conferma la tecnologia 4.0 più diffusa, con un valore di circa 1.4 miliardi di euro per le sole applicazioni IoT nell'anno 2017. È evidente, oramai, come questa tecnologia abilitante permetta di realizzare scenari semplici che possono scalare velocemente verso architetture estese e complesse per realizzare soluzioni in grado di implementare il nuovo paradigma 4.0 nell'area della produzione e supportare, quindi, le aziende nella loro trasformazione digitale in questa situazione.

Gli sviluppi futuri della tecnologia IoT si stanno focalizzando:

- nel rendere sempre migliore capillarità e riduzione di costo dei sistemi di acquisizione dei dati attraverso nuovi canali di comunicazione che non prevedano infrastrutture dedicate *on premise* (ad esempio, NB IoT, 5G, Lora);
- nell'evoluzione delle funzionalità di tipo cognitivo, al fine di semplificare in modo estremo l'interazione tra l'uomo e le macchine;
- nella creazione di *analytics* sempre più evolute e in grado di predire comportamenti presenti e futuri dei sistemi e dei macchinari;
- nell'"embeddare" direttamente nei chip e

- nei sensori capacità di elaborazioni avanzate sia di stream sia di *cognitive analytics*;
- nel rendere facilmente interscambiabili informazioni di tipo diverso attraverso del *data modelling* strutturato e reso direttamente disponibile dal *layer* di comunicazione.

Ambiti di applicazione: *predictive maintenance* e *predictive quality*

Focalizzandoci sul mondo della produzione alimentare, possiamo identificare due ambiti distinti, ma in qualche modo contigui: quello dei produttori di macchinari per la produzione e confezionamento e quello delle aziende *end user* che utilizzano questi macchinari. Dicevamo due ambiti che, pur essendo distinti, sono estremamente contigui perché alla fine hanno in comune l'asset produttivo stesso.

Oggi, con le architetture *ibride cloud/on premise*, si riescono a costruire architetture applicative che permettono di ottenere sia la gestione delle *operations* (utile alle aziende *end user*) sia la gestione dell'*asset* produttivo attraverso portali IoT (utile al fornitore dei macchinari per capire come il macchinario realizzato sta performingo e come intervenire nel renderlo sempre più efficiente e *all end user*, al fine di ottimizzare la qualità del prodotto realizzato e le attività di manutenzione, se autonomamente svolte, attraverso l'uso di specifici algoritmi predittivi).

Per loro natura, ancora oggi, le applicazioni di gestione delle *operations* sono tipicamente *on premis* (installate direttamente nel sito produttivo) e rendono disponibili tutte le funzionalità che permettono di massimizzare l'utilizzo degli impianti e della loro efficienza, al fine di ottenerne una produttività complessiva elevatissima.

Permettono, inoltre, di sincronizzare le *operations* con i sistemi di gestione del business e della *supply chain*, estesa in modo da sfruttare in modo effettivo la maggiore produttività resa disponibile dalla gestione operativa.

Le applicazioni per la gestione da remoto dei macchinari e gli algoritmi di analisi predittiva sono, invece, per loro natura applicazioni in *cloud* che sfruttano a fondo le architetture IoT di nuova generazione. In questo caso, quando parliamo di *cloud*, non intendiamo la semplice "de-

calizzazione" dell'applicativo di gestione in una struttura virtualizzata e fisicamente non presente nel luogo di utilizzo, ma intendiamo l'uso di veri e propri portali che rendono disponibili delle microfunzionalità predefinite, ovvero dei microservizi che a loro volta permettono di creare macro funzionalità (applicazioni) attraverso la loro interconnessione basata su flussi di dati esposti con opportune interfacce (API). Ed è proprio attraverso questi portali IoT che si può realizzare un approccio esteso che permette di effettuare delle analisi predittive utilizzando algoritmi matematici (*machine learning* e *deep learning*), basandosi sulla costruzione di *data sets* di grandi dimensioni (*big data*) costruiti con applicazioni che permettono il monitoraggio continuo dei parametri di funzionamento della macchina e delle misure derivanti da strumentazione specifica.

Le principali applicazioni dell'industria alimentare e delle bevande possono essere identificate nel *predictive maintenance* e nel *predictive quality*.

Attraverso il *predictive maintenance* si possono prevedere i possibili guasti delle componenti principali del macchinario, arrivando a suggerire il periodo entro il quale determinate attività manutentive dovranno essere eseguite.

Attraverso il *predictive quality* si può invece trovare una correlazione tra la regolazione delle variabili di processo e la qualità del prodotto realizzato, in modo da identificare una funzione di trasferimento che rappresenti nel modo migliore l'impianto. In questo modo, alcuni processi e la realizzazione di nuovi prodotti può essere simulata in modo semplice, verificando come si comporterà il sistema e quali saranno i valori delle misure di controllo normalmente effettuate alla fine del processo.

È sempre attraverso i portali IoT che i produttori dei macchinari *food & beverage* potranno accedere da remoto per valutarne il funzionamento e utilizzare gli algoritmi di cui sopra per impostare dei piani di manutenzione (*service*) coerenti e ottimizzati.

Il dato di funzionamento diventa anche elemento di assoluta rilevanza per innescare dei processi di revisione progettuale di quelle componenti che si dovessero rilevare deboli o non performanti come pensato in fase di design iniziale.

Questo tipo di interconnessione complessiva abilita, inoltre, i produttori a un approccio estremamente proattivo, che arriva a generare un vero e proprio cambiamento del modello di business, passando dalla fornitura di un prodotto/sistema a quello della fornitura di un servizio erogato secondo diverse modalità, tra cui il "performance contract" e il "pay per use".

Nella modalità "performance contract" viene normalmente definito un KPI tecnico di riferimento che permetta di valutare il grado di efficienza e la disponibilità del macchinario alla produzione. L'erogazione del canone di servizio avviene su base predefinita e modulato in funzione dei valori assunti dal KPI prescelto.

Nella modalità "pay per use", l'*end user food & beverage* utilizza il bene che viene mantenuto completamente operativo da parte del fornitore, che viene pagato in base ai volumi di produzione effettuati, garantendo un livello minimo di utilizzo predefinito.

Il gemello digitale

60

Al fine di rendere effettive le applicazioni di cui abbiamo scritto, assume una valenza estremamente significativa la costruzione di quello che viene detto "digital twin" (gemello digitale) del sistema produttivo *Food & Beverage*, sia che questo sia una semplice macchina o una linea complessa. Il concetto è di creare un modello digitale che rappresenti nel mondo virtuale la fisicità effettiva aumentata dalle innumerevoli informazioni derivanti da tutte le variabili gestite e controllate. Banalmente, il calcolo delle performance produttive di una linea complessa non è e non può essere una banale aggregazione delle *perfomance* delle singole macchine, ma dipende da come è fatta la linea, dai *buffer*, dai rami paralleli, dal *routing* effettivo fatto dal prodotto che si sta realizzando, dalle interdipendenze logiche e da tanti altri fattori.

In questo ambiente, assume un'elevata importanza il *layer "edge"* (*layer* di elaborazione essenziale e presente nel sito produttivo), che ha il compito di garantire l'interfacciamento diretto con le macchine, al fine di aggregare, contestualizzare, elaborare e storicizzare dei dati gestiti in funzione della modellazione del *digital twin*.

Industria alimentare e delle bevande: qualità ed efficienza produttiva

Con la tecnologia *Internet of Things* si possono attivare numerose implementazioni per aumentare la qualità e l'efficienza per la produzione di alimenti e bevande. Possiamo attivare l'anagrafica delle macchine della fabbrica e la configurazione dei dati di produzione da storicizzare.

Indispensabile nel *food & beverage* è inoltre la gestione ordine di produzione e la gestione ricette con parametrizzazioni di macchina. È attivabile con questa tecnologia il monitoraggio completo della produzione: dalle materie prime al prodotto finito, con maggiore disponibilità di analisi sulla scelta delle materie prime.

In alcune aziende alimentari e delle bevande, chi scrive ha identificato i seguenti principali benefici ottenuti:

- incremento della produttività derivante dal miglioramento complessivo dell'efficienza dei fattori produttivi;
- incremento della flessibilità con capacità del sistema produttivo di adattarsi alla diversa dimensione dei lotti di produzione;
- riduzione degli scarti di produzione e delle rilavorazioni;
- riduzione del tempo di introduzione e definizione di nuovi prodotti attraverso modelli di simulazione e di modellazione/ricettazione digitale;
- ottimizzazione dei costi di manutenzione e resa del processo produttivo più efficiente;
- miglioramento e controllo della qualità dei prodotti: disponendo dei dati primari è possibile identificare e attivare nuove ricette e procedure.

In conclusione, si rileva che nell'industria alimentare e delle bevande si sta implementando la "fabbrica digitale" anche per merito della tecnologia *Internet of Things*. Ogni prodotto (pasta, biscotti, yogurt, bevande) potrà essere codificato con parametri precisi e sicuri. Raggiungendo così parametri di elevata qualità e sicurezza, che identificano positivamente questo importante settore industriale italiano, riconosciuto primario a livello internazionale.

Internet of Things

Tecnologie e scenari per l'alimentare

Dalla teleassistenza macchinari alla *Blockchain*

di Armando Martin

Consulente industriale e Giornalista

Anche nel settore alimentare la trasformazione digitale passa per la diffusione di diverse tecnologie abilitanti a partire dall'Internet of Things. Che consente processi più efficienti e costi di manutenzione ridotti, prodotti più tracciabili, sicuri e che dialogano tra loro e con i clienti

Dobbiamo partire dal 1999 per iniziare a parlare di *Internet of Things*, espressione attribuita a Kevin Ashton del Mit (Massachusetts Institute of Technology) per descrivere un sistema dove Internet viene connessa al mondo fisico tramite una rete di sensori.

Dall'inizio degli anni 2000, l'Internet delle cose è stata anticipata dai concetti di *Web Automation*, *Digital Manufacturing*, *M2M* (*Machine-To-Machine*) e *Smart Grid*.

Alla base della tecnologia IoT c'è un semplice con-

cetto: ogni dispositivo deve essere univocamente identificato tramite un indirizzo IP e poter scambiare dati senza l'intervento umano.

L'IoT è un paradigma in cui la comunicazione è estesa all'interazione tra uomini, dispositivi, processi e sottosistemi. Si stima che attualmente i dispositivi connessi in rete nel mondo siano intorno ai 15 miliardi. Entro il 2020 il numero potrebbe toccare quota 50 miliardi. Alcuni studi prevedono che entro il 2022 l'Internet delle cose genererà risparmi e ricavi pari a 14.400 miliardi di dollari e che gli aumenti di produttività conseguenti potrebbero contribuire al Pil europeo con valore globale di circa 2,2 migliaia di miliardi di euro entro il 2030.

Questa "rivoluzione" vede al momento protagoniste architetture informatiche di tipo *client/server*, *broker* di fiducia centralizzati come MQTT (Messa-

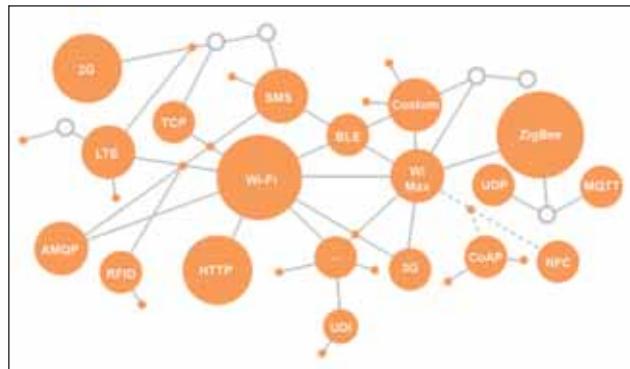


Figura 1 – Mappa delle tecnologie IoT.

ge Queue Telemetry Transport), CoAP (Constrained Application Protocol) e AMQP (Advanced Message Queuing Protocol), protocolli di sicurezza come SSL (Secure Socket Layer), VPN (Virtual Private Network) e TLS (Transport Layer Security) o meccanismi come Public Key Infrastructure (PKI) per identificare i nodi della rete e controllare il sistema delle comunicazioni. Questi protocolli sono accompagnati da tecnologie di trasmissione di tipo wireless che offrono connettività estesa, bassi costi e consumi ridotti: RFid, PAN (Personal Area Network) come Bluetooth low-energy, ANT e NFC13, LPWA (Low Power Wide Area) come LTE-M e NB-IoT, Wi-Fi, reti Mesh e cellulari (4G/5G).

Nella pratica e pur trovandosi in una fase pionieristica, la tecnologia IoT sta trasformando i processi che consentono ai produttori di abbattere i guasti dei macchinari e i costosi interventi di manutenzione. L'IoT può già fare molto per la sua capacità di incrementare la produttività, la qualità e la sicurezza oltre ai parametri di efficacia ed efficienza fondamentali per i protagonisti dell'industria alimentare. Analizziamone le principali potenzialità applicative.

Teleassistenza macchinari

IoT significa anzitutto un nuovo modo di monitorare e manutenzionare i macchinari del settore alimentare grazie a sistemi di teleassistenza il cui impiego assicura l'elaborazione e l'analisi di quantità enormi di dati con sensoristica smart, apparati di rete (ad esempio, gateway) e piattaforme *cloud computing*. Ciò permette decisioni e previsioni migliori su produzione e consumi, oltre allo sviluppo di sistemi produttivi *on demand*. I sistemi di *predictive analytics* che ne derivano sono in grado di fornire vantaggi competitivi, grazie soprattutto ad una migliore allocazione delle risorse e a una più rapida identificazione dei problemi.

Le possibilità offerte dalla teleassistenza sono notevoli. Ad esempio, per soddisfare i severi requisiti del settore alimentare si possono realizzare sistemi di auditing che monitorano costantemente tutti i parametri delle macchine di produzione e rilevare immediatamente malfunzionamenti o valori fuori norma, oltre a registrare i dati. A loro volta i dati possono essere messi a disposizione degli utenti autorizzati mediante un qualunque browser di na-

vigazione Internet sotto forma di database (SQL, NoSQL) e piattaforme *Big Data*, ideali per elaborazioni statistiche complesse. In generale, i dispositivi IoT assicurano la connessione agli impianti da remoto, interfacciandosi direttamente con l'unità di controllo. In questo modo, è possibile ovviare a "piccoli" problemi di collaudo e avviamento, senza ricorrere alla programmazione specialistica. Al tempo stesso vengono ridotti i tempi di intervento. L'accesso via Internet, inoltre, permette al tecnico di essere proiettato virtualmente sul luogo del guasto, velocizzando le operazioni di ripristino.

Manutenzione predittiva

Nell'ingegneria della manutenzione l'*Internet of Things* si candida come piattaforma in grado di mettere in comunicazione tra loro un numero crescente di macchine e oggetti fisici e virtuali, sfruttando i sistemi di comunicazione e raccolta dati.

Già oggi aziende, costruttori di macchine e *system integrator* più sensibili alle innovazioni stanno integrando l'IoT nei propri impianti e macchinari, facendo in modo che gli interventi di manutenzione vengano svolti in caso di effettiva necessità piuttosto che secondo piani programmati.

Sensori, gateway e moduli *embedded* implementati nei sistemi elettrici e meccanici inviano nel momento in cui un componente necessita di attenzione, segnalando, ad esempio, dove si trovano le parti di ricambio o le modalità per ripristinare il corretto funzionamento del macchinario.

Grazie alla raccolta storica delle informazioni e alla loro elaborazione, gli impianti resi "smart" dalle tecnologie IoT riescono ad adeguarsi in base alle condizioni d'uso, definendo procedure reattive di



Figura 2 – Manutenzione avanzata e strumenti operativi nell'industria alimentare.

manutenzione predittiva in grado di anticipare i guasti.

Da questo tipo di approccio ne deriva un'attività manutentiva sempre meno pianificata in termini statistici e maggiormente legata alle effettive necessità di componenti e sistemi nel loro funzionamento ordinario. Ad esempio, in caso di eccessivo stress, l'impianto può ridurre i livelli prestazionali autonomamente, funzionando a scarto ridotto. Questa capacità adattiva è particolarmente efficace nel caso di impianti e macchine in rete e geograficamente distribuite, dove ogni componente agisce in funzione delle condizioni degli altri elementi, evitando di entrare in conflitto. Questo nuovo scenario di connettività estesa – con oggetti che comunicano fra loro e con applicazioni che risiedono nei data center e nei *cloud* – porta con sé una mole ingente di dati raccolti (*Big Data*) con la necessità di comprenderli, analizzarli ed estrarne informazioni utili (*Data Mining*).

Trasformare i dati in conoscenza

64

L'IoT nel settore alimentare irrompe anche in termini di sensoristica IoT, logistica avanzata, algoritmi di simulazione, etichette intelligenti che accompagnano processi chiave come il controllo della produzione, il controllo della qualità, il ciclo di vita e il packaging dei prodotti. Il valore di queste tecnologie sta nella capacità di trasformare questi dati in conoscenza per tutti i soggetti della filiera, a beneficio dei consumatori finali, della sicurezza, della sostenibilità e della qualità dei prodotti. Anche matematica e statistica contribuiscono in modo fondamentale a generare *know-how* e consapevolezza. E si inseriscono nel contesto IoT nella misura in cui si integrano con il funzionamento di tutte le componenti di un processo: da strumento di supporto all'ottimizzazione del funzionamento

di macchine, alla capacità di rielaborazione dei dati raccolti da reti di sensori, in chiave di rilevamento guasti e manutenzione predittiva. Questo approccio basato sulla conoscenza può già vantare diverse applicazioni: dall'analisi della vita commerciale (*shelf life*) degli alimenti, alla simulazione di nuove tecnologie nel processo di packaging, ai *Big Data* di supporto ai processi di controllo qualità e per la gestione del rischio alimentare.

Blockchain per la tracciabilità alimentare

Nata nell'ambito delle criptovalute, la *Blockchain* è una sorta di libro mastro digitale che sfrutta Internet per rilasciare un nuovo modello di database, distribuito e blindato. Fortemente integrata con l'IoT, la *Blockchain* può essere utilizzata per tracciare, coordinare ed elaborare transazioni tra oggetti fisici. Ciò che rende questa tecnologia sicura è il fatto che i dati presenti in un blocco non possono essere alterati retroattivamente. Questo approccio decentralizzato elimina i punti di guasto delle reti tradizionali, facilitando la creazione di un ecosistema più resiliente nel quale operano dispositivi smart. La tecnologia Blockchain può ad esempio utilizzare la rete dei blocchi per rintracciare alla fonte eventuali prodotti contaminati, frodi e contraffazioni. O, in ultima istanza, garantire ai consumatori di verificare che un qualsiasi alimento sia sicuro e genuino prima di metterlo sul carrello della spesa.

Gli algoritmi crittografici utilizzati dalle *Blockchain*, inoltre, migliorano la tutela dei dati dei consumatori privati. Secondo autorevoli esperti e diversi studi, la *Blockchain* è una tecnologia interessante per condividere le informazioni agroalimentari in un ambiente affidabile, trasparente e preciso. Nel caso della catena di approvvigionamento alimentare, l'intera filiera può ottenere il

permesso di accedere al database dei blocchi e avere la garanzia di conoscere le informazioni relative all'origine, al trasporto, alla conservazione e allo stato degli alimenti.

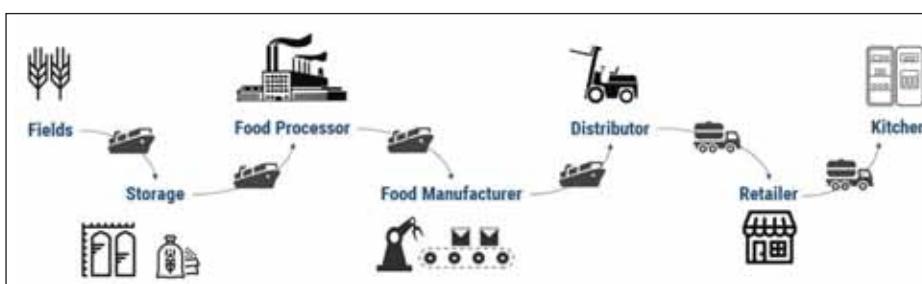


Figura 3 – Catena di fornitura del cibo interessata dalle tecnologie *IoT-Blockchain*.

Internet of Things

Sviluppi e opportunità per l'Agrifood

Ma il vero punto di svolta è collegare e analizzare i dati raccolti

di Filippo Renga e Chiara Corbo

Osservatorio Smart AgriFood - School of Management del Politecnico di Milano, Laboratorio RISE dell'Università degli Studi di Brescia

**Dal campo alla tavola,
sono molteplici
gli ambiti di applicazione
nel settore agroalimentare
dove l'Internet of Things
può potenzialmente
trovare sviluppo.
Saper valorizzare
i dati raccolti
rappresenta, tuttavia,
il vero cambiamento**

Con il termine "Internet of Things" (o "Internet delle Cose") si indica un insieme di tecnologie che consentono di collegare a Internet qualsiasi oggetto o dispositivo, abilitando così il monitoraggio, il controllo e il trasferimento dei dati. Dalle aziende alle case, fino agli oggetti connessi indossabili (i "wearable device", come gli smartwatch), sono miliardi gli oggetti oggi connessi in tutto il mondo.

I dati dell'Osservatorio Internet of Things del Politecnico di Milano evidenziano un mercato in crescita che, nel 2017, in Italia è arrivato a toccare i 3,7 miliardi di euro (+32% rispetto al

2016). Un tasso di crescita, peraltro, che risulta allineato o superiore a quello di altri Paesi occidentali. L'agroalimentare si pone come uno tra i settori in cui si sta lavorando concretamente per sfruttare le potenzialità dell'*Internet of Things* (IoT), a tutti i livelli della filiera: agricoltura, produzione industriale e distribuzione. Si tratta, dunque, di applicazioni che abilitano la raccolta e la comunicazione di dati al fine di garantire un maggiore controllo dei processi, con il duplice obiettivo di generare efficienza e garantire la qualità del prodotto finale.

IoT e "Smart Agriculture"

Uno degli ambiti più interessanti di sviluppo dell'*Internet of Things* nell'Agrifood è la produzione della materia prima: agricoltura e zootechnia. Non bisogna dimenticare, del resto, che è proprio all'interno del settore lattiero-caseario – in particolare nelle stalle – che l'IoT ha visto una notevole diffusione nell'ultimo decennio.

Basti pensare alle etichette RFId applicate alle orecchie delle vacche (finalizzate a migliorarne la tracciabilità) e ai pedometri o collari che consentono il monitoraggio del bestiame (oltre 1 milione soltanto in Italia), consentendo all'allevatore di intervenire tempestivamente in caso vengano

riscontrate anomalie nella produzione o deambulazione degli animali, garantendo – tra l'altro – un maggiore benessere dell'animale e una migliore qualità del latte.

È all'interno del settore lattiero-caseario, in particolare nelle stalle, che l'*Internet of Things* ha visto una notevole diffusione nell'ultimo decennio

Guardando all'innovazione digitale nei campi, l'IoT assume un ruolo rilevante: delle oltre 200 soluzioni di Agricoltura 4.0 offerte in Italia da più di 70 aziende, il 41% sfrutta, infatti, tali tecnologie (Figura 1) (Osservatorio Smart AgriFood, 2017). Si tratta, in particolare, di sensori che, applicati principalmente in campo e sui macchinari (ma possono coinvolgere l'intera azienda agricola, inclusi gli operatori e i magazzini di stocaggio del raccolto), consentono di raccogliere dati e inviarli a piattaforme di supporto alle decisioni. Gli ambiti per i quali tali soluzioni sono maggiormente utilizzate sono la mappatura e il monitoraggio delle coltivazioni e dei terreni (75% delle soluzioni), gli interventi di precisione (31%), il monitoraggio e il controllo delle macchine e delle attrezzature (24%), la gestione e il monitoraggio del raccolto (10%) (Figura 2).

L'IoT trova applicazione in maniera trasversale alle varie filiere agricole (41% delle soluzioni mappate), seguono le soluzioni dedicate all'ortofrutticolo (32%), al cerealico (32%) e vitivinicolo (15%).

Abilitare la raccolta e la trasmissione di una grande mole di dati, in tempo reale e da più fonti, è la caratteristica essenziale di tali device; il loro vero potenziale si coglie, tuttavia, se le si utilizza in combinazione alle piattaforme di analisi dei dati. In Agricoltura 4.0, infatti, l'analisi incrociata di fattori ambientali, climatici e culturali consente all'agricoltore di prendere decisioni tempe-

stive ed efficaci e intervenire in modo mirato, ottenendo benefici in termini di efficienza grazie all'ottimizzazione delle risorse materiali e temporali. Non solo: è infatti possibile incidere positivamente sulla qualità del prodotto, come nel caso – studiato dall'Osservatorio – di Tenuta Santa Scolastica, un'azienda viticola di Reggio Emilia che ha implementato una soluzione di monitoraggio del vigneto volta ad anticipare la formazione di patogeni e malattie della vite (in particolare, Peronospora, Botrite, Oidio). La soluzione, basata sull'installazione di sensori in campo e l'utilizzo di specifici algoritmi per l'analisi dei dati, ha consentito di individuare il momento opportuno per effettuare l'intervento antiparassitario e dunque di aumentare la propria redditività, riducendo il numero di interventi in campo e abbattendo gli sprechi di prodotto fitosanitario. Al tempo stesso, ha ottenuto un miglioramento sulla qualità del proprio prodotto, riconosciuta anche a livello commerciale: controllando per tutta la durata della campagna 2015/16 la maturazione della vite, infatti, l'azienda è riuscita a portare in cantina un'uva "vergine", con perfetto grado zuccherino e senza residui di elementi chimici.

Tracciabilità, "Smart Logistics" e qualità alimentare

Diverse soluzioni oggi sviluppate per il settore manifatturiero possono essere applicate anche al contesto delle aziende alimentari. Ad esempio, grazie all'IoT è possibile monitorare in tempo reale il funzionamento di un impianto produttivo, raccogliendo dati utili a introdurre logiche di manutenzione predittiva che consentano

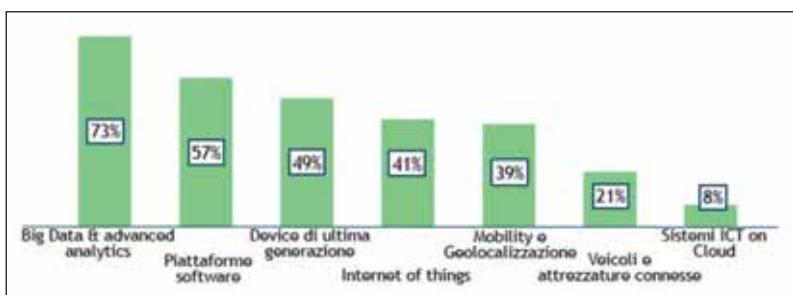


Figura 1 – Le tecnologie per le soluzioni di Agricoltura 4.0 (base: 223 soluzioni analizzate. Una soluzione può utilizzare diverse tecnologie). Fonte: Osservatorio Smart AgriFood – School of Management del Politecnico di Milano, Laboratorio RISE dell'Università degli Studi di Brescia.

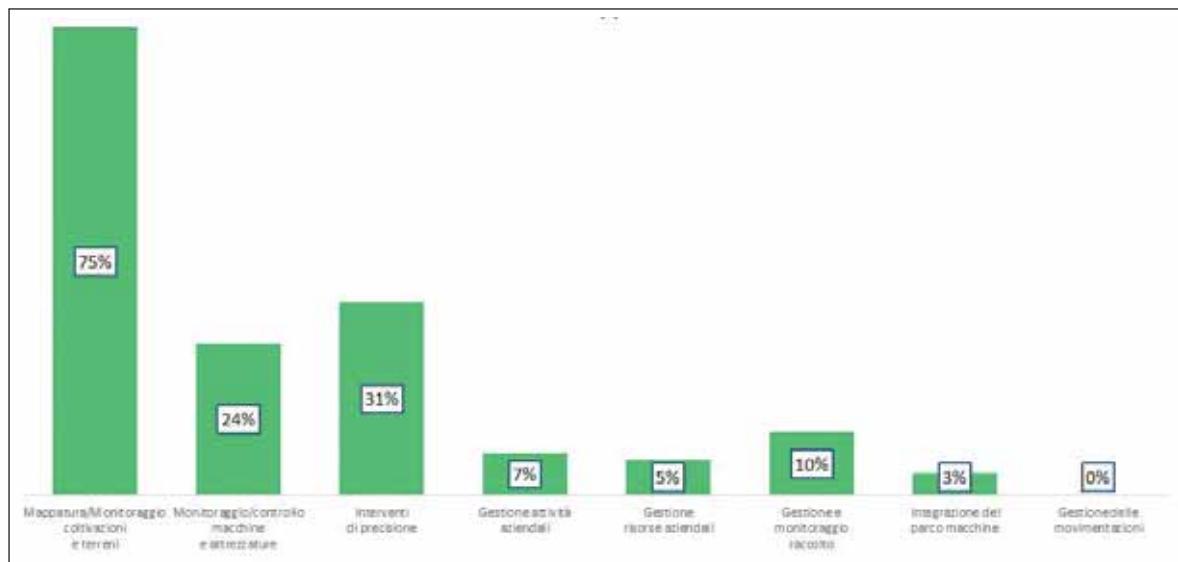


Figura 2 – Gli ambiti applicativi delle soluzioni IoT in Agricoltura 4.0 (base: 223 soluzioni analizzate. Una soluzione può interessare più ambiti applicativi). Fonte: Osservatorio Smart AgriFood – School of Management del Politecnico di Milano, Laboratorio RISE dell'Università degli Studi di Brescia.

di limitare i fermi in produzione; qualora si verifichi un guasto, inoltre, potranno essere garantiti interventi più tempestivi grazie alla migliore diagnosi resa possibile dai dati raccolti.

Un ambito dove l'*Internet of Things* vede un interessante potenziale di crescita è la tracciabilità

Entrando più nel dettaglio del settore agroalimentare e delle sue specificità, un ambito dove l'IoT vede un interessante potenziale di crescita è la tracciabilità. Aumenta, infatti, la necessità da parte delle imprese di acquisire maggiore "visibilità" su tutti gli stadi della catena produttiva – dagli input agricoli fino al consumatore – al fine di garantire qualità, origine e sicurezza del prodotto, ma anche rendere più efficienti i processi operativi. Tali soluzioni evidenziano benefici soprattutto nel monitoraggio dello stato dei prodotti (per ridurne la deperibilità, garantire la conformità del prodotto e una migliore qualità complessiva al cliente finale) e nella protezione del brand (anticontraffazione). Tra le tecnologie maggiormente interessate, tro-

vano qui applicazione la tecnologia RFid semi-passivo, che abbina l'identificazione univoca a sensori alimentati da batteria e sensori collegati a reti LPWA (*Low Power Wide Area*).

Esperimenti in tale ambito sono stati avviati già da qualche anno: è del 2008, ad esempio, un progetto pilota di Nestlè, finalizzato a monitorare la catena del freddo, dallo stabilimento di produzione del gelato fino al punto vendita attraverso una rete di sensori wireless applicati in oltre 100.000 freezer aziendali in Italia. Oltre alla garanzia di qualità del prodotto, il progetto ha generato un beneficio in termini di ottimizzazione della manutenzione dei frigoriferi e di efficienza energetica, consentendo di ridurre del 5%-10% i consumi energetici. Soluzioni di questa tipologia sono oggi in via di evoluzione, come i "beacon" realizzati dall'operatore logistico BCube, ovvero sensori di rilevazione della temperatura, con geolocalizzazione dei mezzi di distribuzione, possibilità di monitoraggio in tempo reale del tragitto e delle modalità di conservazione. Nel settore lattiero-caseario, ad esempio, è stata stimata una riduzione di almeno il 60% dei lotti compromessi per cattiva conservazione o sottrazione, con un beneficio annuo stimato per il settore compreso tra 7,5 e 10 milioni di euro².

Oltre al settore del fresco, un altro ambito dove l'*Internet of Things* trova applicazione è quello dei prodotti ad elevato valore aggiunto, come il vino.



La start-up Wenda, ad esempio, ha sviluppato un piccolo *device* elettronico che può essere inserito all'interno dell'unità logistica per fornire informazioni costanti sullo "stato di salute" del prodotto, tramite il monitoraggio di parametri quali, ad esempio, umidità, temperatura, inclinazione della bottiglia ed esposizione a fonti luminose.

La garanzia di "originalità" dei prodotti è un altro degli ambiti a cui si rivolgono le soluzioni IoT sviluppate per il settore agroalimentare. L'esigenza di una maggiore trasparenza sul cibo è, del resto, un elemento di sempre maggiore attenzione da parte del consumatore. In questo caso, tecnologie come RFid, QR Code e NFC (*Near Field Communication*) vengono utilizzate sia per "monitorare" lo stato del prodotto, al fine di combattere i fenomeni di contraffazione, che per comunicare al consumatore finale l'origine del prodotto. Basti pensare agli "*smart packaging*", ovvero le confezioni che "comunicano" con il consumatore attraverso QR Code o lettori NFC. Quest'ultima tecnologia è stata, ad esempio, utilizzata qualche anno fa da Viveat, che ha creato delle "etichette intelligenti" in grado di fornire informazioni al consumatore sul vino acquistato. La soluzione permette, inoltre, di tracciare la distribuzione del prodotto e fornire un'immediata garanzia di autenticità. Più recentemente, Almaviva ha realizzato per il Ministero delle Politiche agricole, alimentari e forestali (in collaborazione con

Agea e Sin) una piattaforma di tracciabilità per il vino basata su tecnologia *blockchain* e IoT. Il sistema prevede che su ogni bottiglia venga applicato un tag Nfc univoco, che "aggancia" tutte le fasi della storia del vino: dalla materia prima alla produzione, imbottigliamento e infine distribuzione. Leggendo il tag con il cellulare, ogni consumatore può conoscere tutti i passaggi che hanno portato al prodotto finito ed avere una garanzia aggiuntiva rispetto alla sua qualità e origine.

Valorizzare i dati lungo la filiera: un'opportunità per il settore agroalimentare

Dal campo alla tavola, sono molteplici gli ambiti di applicazione nel settore agroalimentare dove l'*Internet of Things* può potenzialmente trovare sviluppo. Saper valorizzare i dati raccolti all'interno della *supply chain* rappresenta, tuttavia, il vero cambiamento: al di là delle opportunità offerte, infatti, dalla tecnologia nella raccolta e trasmissione dei dati, è la capacità di saperli collegare e analizzare il vero punto di svolta. Il patrimonio di dati generato lungo la filiera, e raccolto e trasmesso da applicazioni IoT in campo, all'interno di fabbriche e lungo tutta la filiera, rappresenta un valore dal potenziale enorme per il settore.