

Capitolo 1

Concetti Fondamentali dell'Industria 4.0

Mireia Dilmé i Martínez de Huete

1.1 Introduzione

Le aziende sono sempre state in evoluzione ed hanno sempre investito sull'innovazione. In maniera analoga, le nuove tecnologie sono sempre state legate a sfide e opportunità. Ma cosa rende così diverso, rispetto ai precedenti, l'attuale cambiamento tecnologico?

La differenza risiede nel grado di interconnessione, nella velocità di accelerazione del cambiamento e nella natura del cambiamento stesso. Il cambiamento drastico non è una novità, ma la velocità, la complessità e la natura globale che caratterizzano la Quarta Rivoluzione Industriale sono situati su una scala mai vista prima.

Infatti, nell'ambiente competitivo ed industriale attuale le imprese sono sempre più impattate e trasformate dalle nuove tecnologie. Tale trasformazione consente alle aziende di cogliere le opportunità per aumentare i ricavi, migliorare l'efficienza, la flessibilità e offrire un maggiore valore agli utenti finali.

La trasformazione tecnologica richiede un approccio strategico che permetta di valutare la tecnologia sia da un punto di vista tecnico sia da un punto di vista di impatto sul business aziendale. Questo libro ha come obiettivo quello di fornire ai lettori le conoscenze di base relative al paradigma Industria 4.0 per permetterne la gestione e l'implementazione strategica.

In particolare, il presente capitolo ha l'obiettivo di fornire una comprensione generale dei concetti, delle tendenze e delle tecnologie chiave che caratterizzano l'Industria 4.0. Ancora più importante, verranno poste riflessioni in merito ai motivi

M. Dilmé i Martínez de Huete (✉)
Eurecat, Barcellona, Spagna
e-mail: mireia.dilme@eurecat.org

© Gli Autori 2020
J.C. Chaplin et al. (ed), Produzione Digitale per PMI

per cui le aziende dovrebbero scommettere sulla trasformazione digitale e sul cambiamento di paradigma insito in Industria 4.0.

Questo capitolo servirà come introduzione al potenziale che l'Industria 4.0 svela. Pertanto, può essere utilizzato come quadro complessivo per poi approfondire la comprensione della relazione tra i diversi domini tecnologici, che verranno presentati nei capitoli successivi.

1.2 Introduzione al Concetto di Industria 4.0

Se lavorate per una Piccola Media Impresa (PMI) è molto probabile che abbiate già sentito il termine *Industria 4.0* (I4.0); tuttavia potreste essere convinti che essa non sia vitale per il vostro business. Molte PMI credono infatti, erroneamente, che l'I4.0 si riferisca solo ad iniziative perseguite da multinazionali con budget importanti come General Electric, Bosch o Boeing. Indipendentemente dalle dimensioni, le imprese che mantengono questa mentalità conservatrice stanno di fatto perdendo l'opportunità di aumentare la loro competitività e di innovare. *Per le PMI, in particolare, l'Industria 4.0 non dovrebbe essere percepita solo come un obiettivo finale bensì come una direzione verso la quale ogni impresa può orientarsi.*

Ma cosa si intende esattamente con il concetto di Industria 4.0? Quali cambiamenti sta portando? Perché è importante per le PMI?

1.2.1 Benvenuti nella Quarta Rivoluzione Industriale (Industria 4.0)

Lo sapevate che...?

- Il 90% dei dati presenti nel mondo è stato creato negli ultimi 2 anni (IBM)
- Il 30% delle imprese ha iniziato a monitorare i dati nel 2017 (Microsoft)
- La vita media di un'impresa tra le 500 S&P è diminuita di 50 anni nell'ultimo secolo, da 67 del 1920 agli attuali 15 anni (Yale)
- L'86% dei CEO considera il digitale come la prima priorità (Microsoft)
- Il 76% dei millennials crede che l'innovazione sia il loro tratto più prezioso (Deloitte).

Pertanto, le PMI industriali devono rimanere aggiornate con le richieste di un mercato in continua evoluzione caratterizzato da prodotti iper-personalizzati, cicli di vita dei prodotti e dei servizi sempre più contenuti, interconnessione globale, alta velocità di cambiamento tecnologico e costante ricerca della qualità a costi ridotti.

Le regole del gioco e il panorama industriale stanno cambiando in maniera radicale. Infatti, il modo in cui le imprese affrontano le sfide della trasformazione digitale riguarda non solo come affinare le strategie aziendali, ma anche come creare nuove opportunità senza precedenti. Ma quali sono le caratteristiche che contraddistinguono il cambiamento tecnologico in corso?

- *Interconnessione*: Oggi più che mai le apparecchiature, il personale e i processi industriali sono interconnessi. I dati vengono raccolti e analizzati su scala globale, ottimizzando e facilitando costantemente i processi decisionali. Il mondo fisico sta diventando esso stesso un sistema informativo. Aziende come FedEx hanno già dichiarato che “l’informazione è più preziosa di qualsiasi bene trasportato”.
- *Il ritmo del cambiamento*: I cambiamenti accadono ad un ritmo estremamente veloce in un contesto in cui è difficile tenere il passo. In precedenza, le imprese avevano il tempo di seguire le tendenze e di attendere la prova del successo delle nuove applicazioni in vari contesti prima di adottarle all’interno. Ora, le nuove funzionalità vengono lanciate ogni anno ad un ritmo più veloce, le innovazioni tecnologiche dirompenti emergono costantemente e gli utenti abbracciano le nuove tecnologie a una velocità inarrestabile.

A titolo esemplificativo, come illustrato in Figura 1.2-1, ci sono voluti circa 75 anni perché il telefono collegasse 50 milioni di persone. Oggi una semplice applicazione per iPhone può raggiungere la stessa pietra miliare in un tempo molto più ridotto.

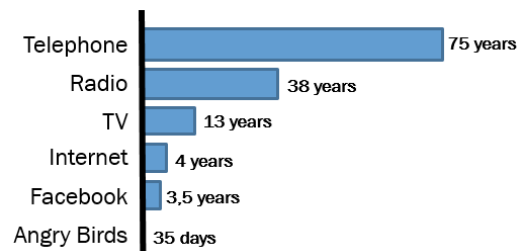


Figura 1.2-1 Tempo impiegato per raggiungere 50 milioni di utenti [1].

- *Natura del recente cambiamento tecnologico*: L’adattabilità è la chiave della sopravvivenza nell’era del darwinismo digitale, un’era in cui i driver e le richieste del mercato sono in costante evoluzione. I vincitori a lungo termine non saranno quelli che cercheranno semplicemente di passare al livello successivo, ma quelli che si adatteranno costantemente. Nei prossimi anni, le tecnologie che non sono state ancora completamente comprese (ad esempio il calcolo quantistico) potranno influenzare enormemente i sistemi industriali. Le imprese devono preparare i loro team, le loro infrastrutture e le loro capacità per abbracciare con successo il potenziale di queste tecnologie. Questo include anche l’apprendimento per prendere decisioni guidate dai dati e dal ritmo veloce e per progredire in ambienti altamente incerti.

Come illustrato nella Figura 1.2-2, gli Unicorni, un soprannome applicato alle start-up private che hanno un valore maggiore di 1 miliardo di dollari, non sono più di natura così mitica. Le imprese tecnologiche e digitalizzate sono in testa al

club degli unicorni per la loro capacità di operare in ambienti incerti e per la loro predisposizione a adottare e scommettere su tecnologie altamente dirompenti.

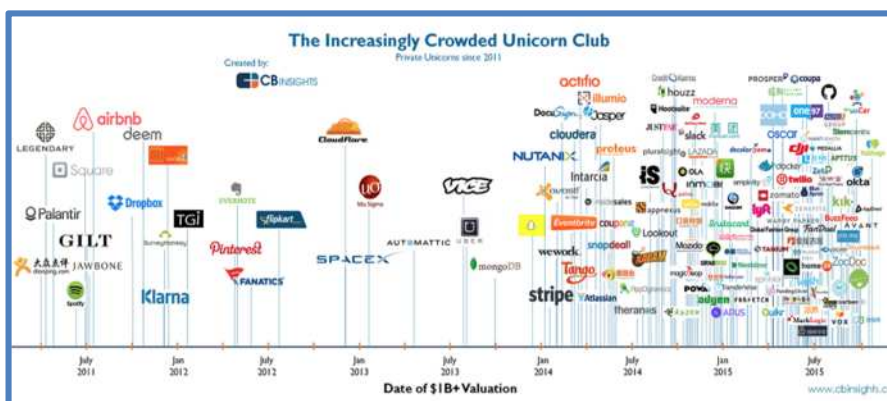


Figura 1.2-2 Imprese tecnologiche e digitali che guidano il club degli Unicorni [2].

Questi tre fattori, se combinati, si traducono in un flusso inarrestabile e auto-consolidante, infatti l'uso massiccio di tecnologia accelera lo sviluppo e l'introduzione di altra tecnologia.

Questi requisiti aprono enormi opportunità, ma possono essere soddisfatti solo da radicali progressi nell'attuale tecnologia di produzione. In questo contesto, il paradigma Industria 4.0 rappresenta un fattore di svolta: un fattore chiave che consente alle imprese di rimanere all'avanguardia in termini di innovazione. Per raggiungere questo obiettivo, esso si basa sull'integrazione della catena del valore dell'azienda (fornitori, partner e clienti), dei processi di business e di produzione e sull'adozione delle tecnologie informatiche ICT (sia hardware che software) negli attuali sistemi di produzione industriale.

Il concetto di I4.0 rappresenta la cosiddetta quarta rivoluzione industriale. L'Industria 4.0 deriva dalla trasformazione in corso nel settore industriale ed è stata preceduta da altre tre rivoluzioni. La prima (intorno al 1784) si riferisce alla meccanizzazione del lavoro: l'incorporazione del motore ad acqua/vapore negli impianti di produzione meccanica. Questa consisteva nell'introduzione del vapore in lavori precedentemente eseguiti a mano.

La seconda rivoluzione industriale (intorno al 1870) segue l'introduzione della produzione di massa a trazione elettrica basata sulla divisione del lavoro. L'introduzione dell'elettricità nei vari processi di produzione rese possibile l'uso di linee di assemblaggio.

La terza rivoluzione industriale (intorno al 1970) si basava sull'introduzione dei controllori logici programmabili (PLC) – elettronica e IT – per ottenere un'ulteriore automazione della produzione. La terza rivoluzione industriale rappresentò un enorme balzo in avanti creando un contesto in cui – con l'avvento dell'automazione

– l'elettronica e i computer dominavano la scena industriale. Infatti, durante quest'epoca, il numero di robot e di macchinari programmabili fu sempre più utilizzato per svolgere compiti industriali.

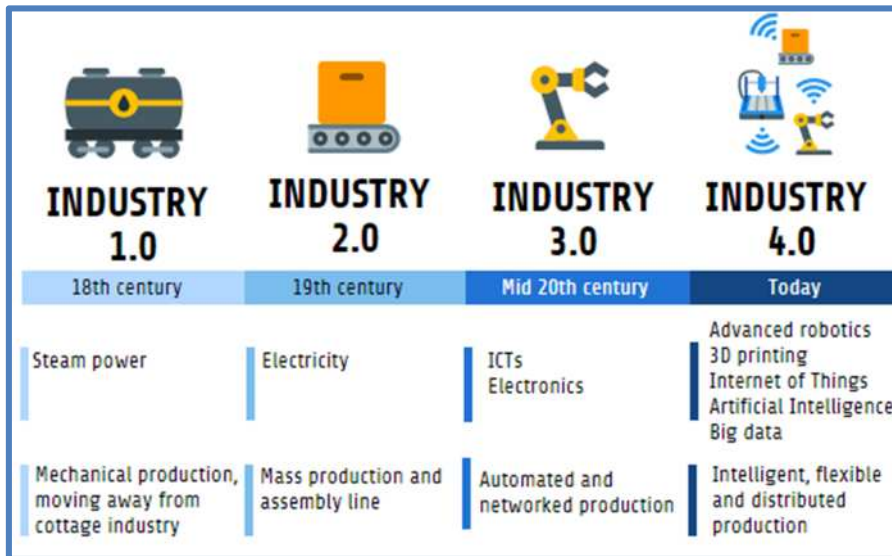


Figura 1.2-3 Evoluzione dall'Industria 1.0 all'Industria 4.0 [3].

Ad oggi, l'Industria 4.0 rappresenta un cambiamento di paradigma: infatti, essa non riguarda una tecnologia specifica, bensì una moltitudine di tecnologie cyberfisiche che si combinano per trasformare digitalmente le attività industriali. I Cyber Physical Systems (CPS) sono costituiti da sistemi di archiviazione, capacità di elaborazione dei dati, macchine intelligenti e impianti di produzione in grado di scambiare informazioni in modo autonomo, di guidare le azioni e di controllarsi a vicenda in maniera indipendente. Per una impresa, fare leva sulle tecnologie relative all'Industria 4.0 non significa solo eseguire un investimento nell'automazione delle linee di produzione, bensì trasformare le linee stesse attraverso l'IIoT (Industrial Internet of Things) utilizzando la tecnologia cloud e applicando software avanzati e l'analisi dei dati. Attraverso l'IIoT, un gran numero di sensori sincronizzati permette la trasmissione di dati in tempo reale ai server informatici delle imprese (locali o cloud). Tutti questi dati forniscono informazioni molto preziose per i processi decisionali e costituiscono la linea base per alimentare modelli predittivi in grado di aiutare le imprese ad anticipare le irregolarità all'interno dei loro sistemi, lavorazioni e processi. Lo scopo è inferire informazioni affinché sia possibile intraprendere delle azioni preventive prima che si verifichino errori o guasti importanti. L'analisi dei dati (che se in grandi quantità vengono denominati Big Data) è la chiave per mantenere e migliorare la catena di fornitura, i processi industriali e la gestione del ciclo di vita del prodotto. Pertanto, il risultato del

paradigma Industria 4.0 è quello di creare una rete di produzione e di servizi altamente flessibile, intelligente e distribuita. L'obiettivo finale: aprire la strada per raggiungere il concetto di Smart Factory che si caratterizza per l'adattabilità, la flessibilità e l'efficienza, migliorando al contempo il valore che è possibile fornire ai clienti.

Per far sì che la differenza fondamentale tra la terza rivoluzione industriale e l'Industria 4.0 sia pienamente compresa, è possibile fornire il seguente esempio, che considera un centro di lavoro CNC. Se la macchina fa parte dell'era della terza rivoluzione industriale, il cambio utensile può essere effettuato automaticamente, ma un operatore dovrebbe manualmente tenere traccia, osservare e correggere le diverse azioni come, ad esempio, la velocità del mandrino. Se la macchina è invece aggiornata in coerenza con il paradigma dell'Industria 4.0, anche il cambio utensile viene effettuato automaticamente ma, allo stesso tempo, la velocità del mandrino e molti altri parametri di processo cruciali saranno registrati automaticamente dai sensori integrati nella macchina. Grazie alle grandi capacità di elaborazione dei dati, le impostazioni corrette vengono calcolate autonomamente dalla macchina e il processo viene automaticamente ottimizzato [4].

1.2.2 Le Origini del Paradigma Industria 4.0

Il termine "*Industria 4.0*" è stato coniato in Germania nel 2011 come iniziativa strategica introdotta dal governo tedesco con i seguenti obiettivi:

1. Identificare i principali trend tecnologici in corso.
2. Stimolare progetti per la digitalizzazione e l'introduzione di tecnologie di alto livello nella produzione.

Negli anni successivi (soprattutto dopo il 2014), le aziende e i governi al di fuori della Germania hanno iniziato a proporre azioni in tale direzione. Il fattore e lo stimolo principale è stata la decisione della Commissione Europea di stabilire la priorità di fissare l'obiettivo per il settore industriale di rappresentare il 20% dell'economia EU fino al 2020, aumentando così la produttività, la competitività e il valore aggiunto complessivo delle imprese. Per raggiungere questo obiettivo sono state stabilite sia politiche adeguate sia strumenti di finanziamento specifici.

L'industria 4.0 rappresenta un salto di qualità per quanto concerne la gestione degli aspetti organizzativi di un'azienda, dal controllo dell'intera catena del valore sino al monitoraggio dell'intero ciclo di vita del prodotto. Si tratta infatti di un cambiamento di paradigma per le industrie, che richiede nuove capacità e apre nuove opportunità - alcune delle quali sono descritte nella Tabella 1.2-1.

Cambio di Paradigma nell'Industria 4.0	
Industria Tradizionale	Industria 4.0
Produzione di Massa	Iper-personalizzazione basate sulle esigenze del cliente
Grandi fabbriche per la produzione di grandi volumi di un prodotto specifico.	Fabbriche intelligenti con linee di produzione flessibili da produrre a costi competitivi.
Programmazione della produzione rigida basata sulle previsioni di magazzino	Produzione dinamica basata sulla domanda del mercato
Ricavi derivati dalle vendite dei prodotti	Ricavi derivati da prodotto come servizio
Minimizzazione dei costi	Massimizzazione del ROCE: redditività / capitale utilizzato.
Rigidità del lavoro	Flessibilità nell'organizzazione del lavoro.

Tabella 1.2-1 Modello di maturità per l'adozione di Industria 4.0 [5].

Il passaggio all'Industria 4.0 si basa sui seguenti principi:

- *Garantire l'interoperabilità*: la capacità di comunicazione di tutti gli elementi della fabbrica. È necessario creare standard comuni che facilitino il flusso di dati tra i sistemi fisici informatici, i robot, i sistemi informativi aziendali, i prodotti connessi e le risorse umane, nonché i sistemi di terze parti.
- *Decentramento*: enfatizzare una maggiore autonomia e mettere l'intelligenza al livello pratico più basso. Ad esempio, l'implementazione di elementi cyber-fisici con la capacità di prendere decisioni in modo autonomo per ridurre i tempi e i costi di produzione. Il coordinamento deve essere garantito, ma un'organizzazione rigida e dall'alto verso il basso è considerata indesiderabile.
- *Analisi in tempo reale*: raccolta e analisi dei dati (Big Data) in tempo reale che permette il monitoraggio, il controllo e l'ottimizzazione dei processi, facilitando in tempo reale qualsiasi decisione derivata dal processo.
- *Virtualizzazione*: la capacità di generare una copia virtuale della fabbrica attraverso i dati raccolti; in altre parole, di digitalizzare elementi fisici. I modelli virtuali dell'impianto e la modellazione dei processi industriali consentono ai modelli di simulazione di effettuare esperimenti e di identificare e confrontare meglio le alternative che migliorano gli attuali sistemi di produzione.
- *Orientamento al servizio*: la capacità di trasferire maggiore valore direttamente al cliente. Questo valore significa un prodotto migliore, un servizio nuovo o anche modelli di business migliori.
- *Modularità e flessibilità*: flessibilità ed elasticità per adattarsi costantemente alle esigenze dell'industria.

Come risultato di questo cambiamento di paradigma, come si presenterà un'azienda nell'era post-industriale 4.0/Digitale?

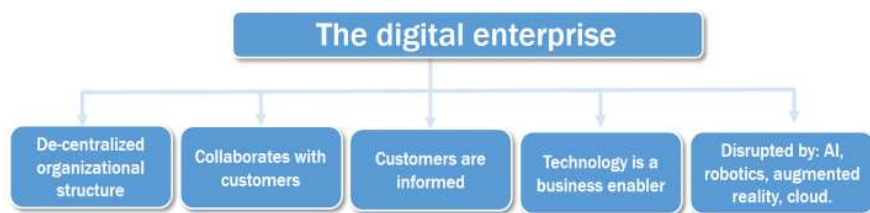


Figura 1.2-4 L'impresa nell'era Industria 4.0. Diritti di immagine: Eurecat adattato da [6].

Se implementati con successo, i principi dell'Industria 4.0 possono influire sulle prestazioni in una miriade di funzioni aziendali. Diversi studi, come quello di McKinsey "Industria 4.0: come navigare nella digitalizzazione del settore manifatturiero", hanno quantificato questo aumento di prestazioni. La valutazione di McKinsey è riportata nella Figura 1.2-5.

1.2.3 Industria 4.0, Realizzare l'Impresa Digitale

Processi senza carta, applicazioni robotiche, Internet of Things, marketing digitale, abitudini digitali dei clienti, aumento dell'accesso mobile. Oggi tutti parlano di tecnologie digitali e trasformazione digitale. Ma come si relaziona tutto ciò con il paradigma Industria 4.0?

Alcuni studi definiscono Industria 4.0 come la "*profonda trasformazione dei modelli di business consentendo la fusione virtuale e reale e l'applicazione della digitalizzazione, automazione e robotica nella produzione*" (Gotz e Jankowska 2017). In breve, quando si prevede di trasformarsi in una Smart Factory, o di essere pronti per l'Industria 4.0, un passo fondamentale è abbracciare la digitalizzazione. L'industria 4.0 richiede la digitalizzazione end-to-end di tutte le risorse fisiche e l'integrazione digitale con i tutti membri della catena del valore. La capacità di generare, analizzare e comunicare i dati senza soluzione di continuità attraverso processi digitalizzati è fondamentale per raggiungere i benefici.

In questo contesto digitale, digitalizzazione e trasformazione digitale sono tre termini che tendono ad essere erroneamente utilizzati come sinonimi, ma hanno significati distintivi e importanti:

- *Digitalizzare* è la conversione da analogico a digitale. Le informazioni analogiche sono codificate e diventano bit (i dati vengono digitalizzati). La conversione da "cartaceo" in forma digitale è l'esempio più semplicistico di digitalizzazione. Ad esempio, per un addetto all'assistenza tecnica che intraprende una visita sul campo a un cliente, la digitalizzazione implicherebbe che il tecnico sia in grado di accedere facilmente a tutti i file, reperire i report e i manuali dei prodotti in formato digitale ovunque si trovi e anche prima, durante e/o dopo la visita.

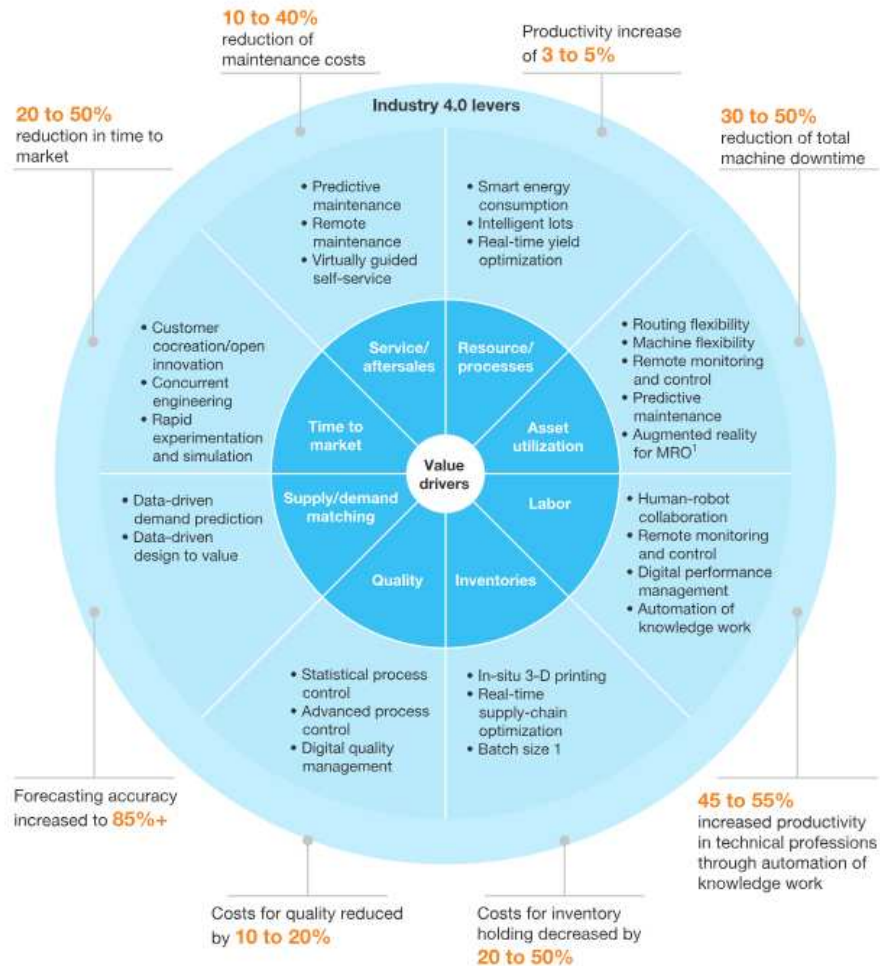


Figura 1.2-5 I benefici della digitalizzazione nell'Industria 4.0 [7].

- *Digitalizzazione* si riferisce all'utilizzo della tecnologia digitale in operazioni specifiche e all'impatto che essa ha generalmente in termini di risparmio sui costi (ad esempio, la digitalizzazione di un processo riduce la quantità di attività a basso valore da parte dell'operatore). In altre parole, mentre con il termine di conversione digitale si intende il trasferimento di informazioni nel regno digitale, la digitalizzazione è il processo che consente di rendere fruibile l'informazione digitalizzata. Tornando all'esempio dei tecnici adibiti alle operazioni di assistenza, le informazioni centralizzate in merito alla cronologia dei prodotti e ai clienti (es. problemi avvenuti in precedenza, cronologia delle sostituzioni,

manuali online, contatto con i clienti, ecc.) possono aiutare i tecnici a ottenere una soluzione rapida per contribuire a un servizio più fluido ed efficace. Pertanto, il tecnico evita in anticipo di consultare un'immensa quantità di documenti obsoleti per ottenere una profonda comprensione delle potenziali soluzioni e dei problemi dei clienti prima di una visita in loco.

- *Trasformazione digitale* è il processo che comprende tutti gli aspetti del business, indipendentemente dalla sua natura (se riguarda un'azienda digitale o meno). La trasformazione digitale porta alla creazione di mercati, clienti e aziende completamente nuovi (capacità, processi, ricavi e modelli operativi). La trasformazione digitale non è qualcosa che le organizzazioni possono implementare come singoli progetti. La trasformazione digitale sottintende piuttosto un impatto trasversale in tutta l'organizzazione: l'elaborazione di nuovi modelli di business, la semplificazione delle operations, l'ingresso in nuovi mercati e il modo in cui le operations vengono svolte. Di conseguenza, la trasformazione digitale può creare nuovi profitti e consentire enormi risparmi per quanto concerne le risorse aziendali più preziose: tempo e denaro.

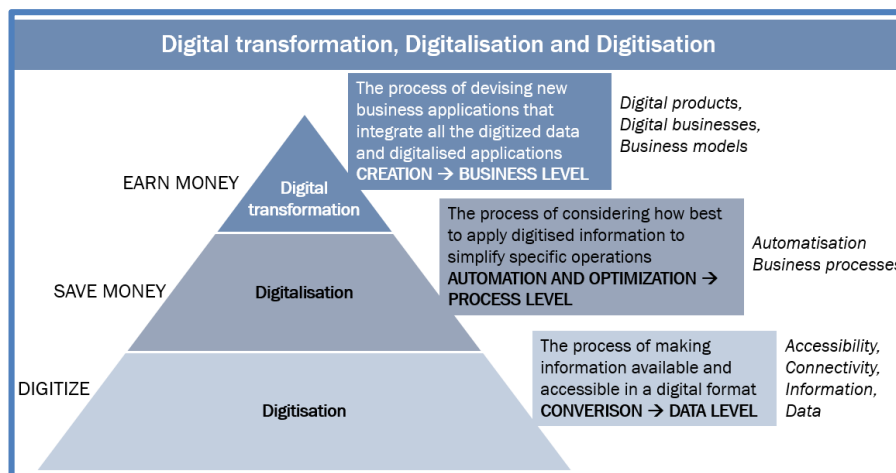


Figura 1.2-6 Digitalizzare, Digitalizzazione e trasformazione digitale. Diritti di immagine: Eurecat adattato da [8].

Per riassumere, si digitalizzano le informazioni, si rendono digitali i processi per migliorare le operations e il business dell'azienda e si trasforma digitalmente l'impresa e la sua strategia.

1.3 Le Tecnologie Chiave di Industria 4.0

Non esiste un unico elenco di tecnologie relative all'Industria 4.0. Negli ultimi anni, molte aziende di consulenza e altre organizzazioni hanno pubblicato schemi che rappresentano le principali tecnologie, ciascuno con prospettive leggermente diverse.

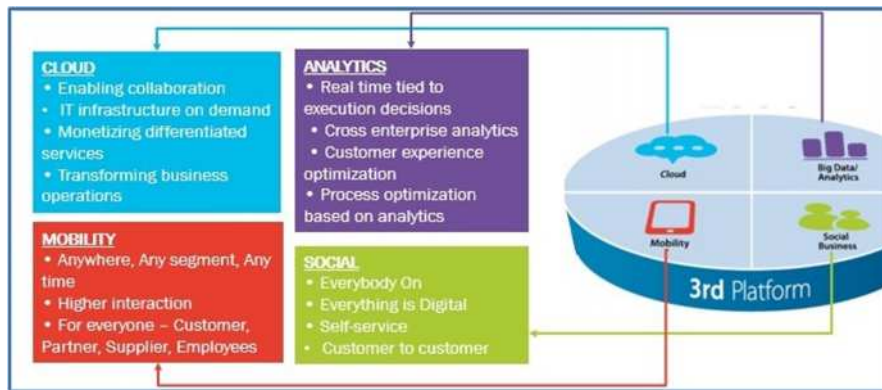


Figura 1.3-1 Le forze SMAC. Diritti di immagine: Eurecat adattato da [9].

Nel 2012, Gartner ha introdotto il “nesso di forze” *SMAC* (*Social, Mobile, Analytics and Cloud*) come tecnologie emergenti che contribuiscono alla trasformazione del business digitale. Negli ultimi decenni le forze trainanti, dietro l’agilità del business, sono state principalmente i sistemi e le capacità informatiche IT. Tuttavia, l’attuale motore principale è l’informazione: *come si ottengono, gestiscono e utilizzano le informazioni*.

DIGIT-T introdurrà alcune delle principali tendenze tecnologiche comunemente indicate per essere all’avanguardia nel contesto delle fabbriche intelligenti. Le tecnologie indicate sono definite come i 9 fattori chiave o elementi costitutivi dell’Industria 4.0 e comprendono:

1. Robot Autonomi
2. Simulazione
3. Integrazione di sistemi
4. Internet of Things
5. Cybersecurity
6. Cloud Computing
7. Additive Manufacturing
8. Realtà Aumentata
9. Big Data

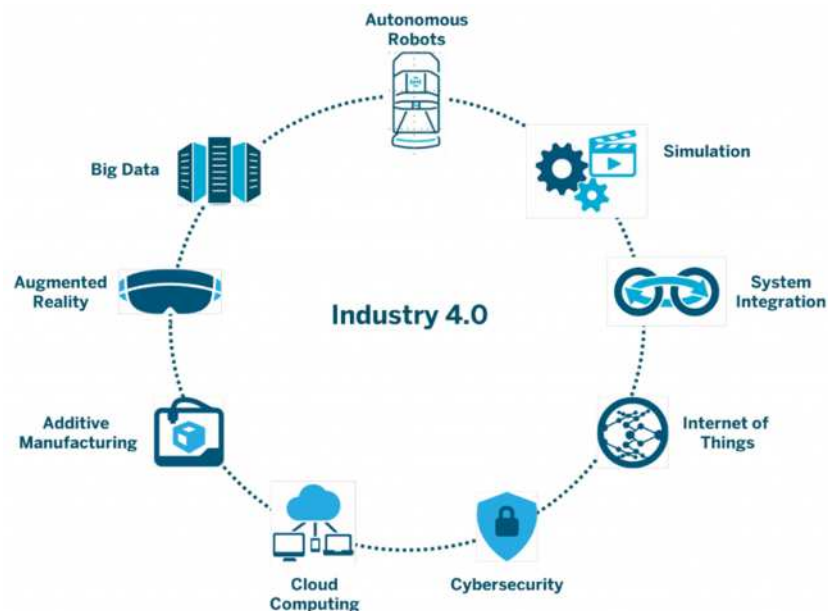


Figura 1.3-2 Le tecnologie abilitanti in I4.0. Diritti di immagine: Eurecat adattato da [10].

Queste tecnologie saranno ora brevemente descritte.

È importante sottolineare che l'Industria 4.0 non si concentra su una tecnologia specifica, ma piuttosto su come utilizzare e combinare queste tecnologie per raggiungere gli obiettivi pianificati dalle organizzazioni.

Nei capitoli seguenti alcune di queste tecnologie chiave saranno ulteriormente analizzate per fornire una comprensione più approfondita di come e perché stanno trasformando la produzione industriale.

1.3.1 Internet of Things

L'*Internet of Things* – o Internet delle Cose – (IoT) è definito come un'estensione della connettività degli oggetti che comunemente utilizziamo nella nostra vita quotidiana. Infatti, attraverso l'incorporazione di dispositivi elettronici e di sensori all'interno degli oggetti, essi acquisiscono la capacità di comunicare e interagire con altri dispositivi, consentendo il monitoraggio e il controllo da remoto.

L'Internet of Things ha diverse applicazioni in molteplici settori, come le smart homes, il settore medico e il settore dei trasporti. Estendendo il concetto di Internet of Things al mondo manifatturiero, ecco che esso assume la connotazione di Industrial Internet of Things (IIoT). Quest'ultimo paradigma permette la messa in connessione di ogni elemento presente all'interno della fabbrica, abilitando la trasmissione e la ricezione di informazioni che possono così consentire il

monitoraggio delle performance produttive in real-time e l'analisi dei dati. Questo aspetto può riguardare sia i macchinari sia i prodotti realizzati e venduti al cliente finale. Vi sono diversi elementi coinvolti nello sviluppo di una applicazione IoT.

1. *Gli oggetti connessi*: Essi rappresentano gli oggetti fisici (connessi ad un router) che si desidera controllare e gestire.
2. *Il gateway (router)*: Elemento che connette gli oggetti alla rete internet. La connessione può avvenire via ADSL, cavo, ecc.
3. *Internet*: L'infrastruttura che consente a oggetti e altri elementi come computer, server e data center di comunicare tra loro.
4. *Il cloud*: L'insieme di server e data center che contengono la piattaforma in cui le informazioni vengono archiviate ed elaborate.
5. *App or software*: Le applicazioni IoT di solito hanno un'applicazione che consente agli utenti di interagire con la piattaforma e visualizzare i risultati e controllare i dispositivi.

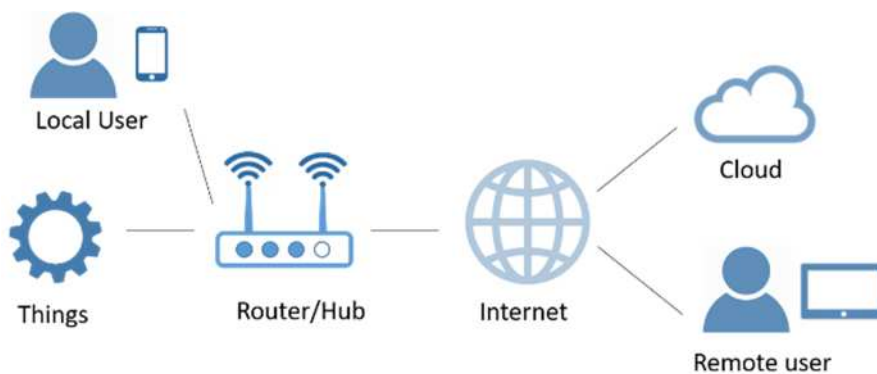


Figura 1.3-3 Elementi di un'applicazione IoT. Diritti di immagine: Eurecat adattato da [11].

1.3.2 Analitica e Big Data

Con il termine Data Analytics si intende la scienza che si occupa di analizzare i dati per inferire informazioni in grado di supportare le decisioni aziendali. A seconda degli aspetti trattati, le tipologie di analisi si possono classificare all'interno di 4 tipologie come illustrato in Figura 1.3-4.

1. *Analisi Descrittiva*: Obiettivo dell'analisi descrittiva è comprendere ciò che descrive ciò che è accaduto in un determinato periodo di tempo.
2. *Analisi Diagnostica*: Obiettivo dell'analisi di diagnostica è comprendere il perché un determinato evento è avvenuto.

3. *Analisi Predittiva*: Obiettivo dell'analisi predittiva è comprendere cosa potrebbe accadere (probabilità) in un intervallo di breve periodo.
4. *Analisi Prescrittiva*: Obiettivo dell'analisi prescrittiva è fornire dei suggerimenti delle applicazioni delle scienze matematiche e computazionali per trarre dei vantaggi dai risultati delle analisi descrittive e predittive.

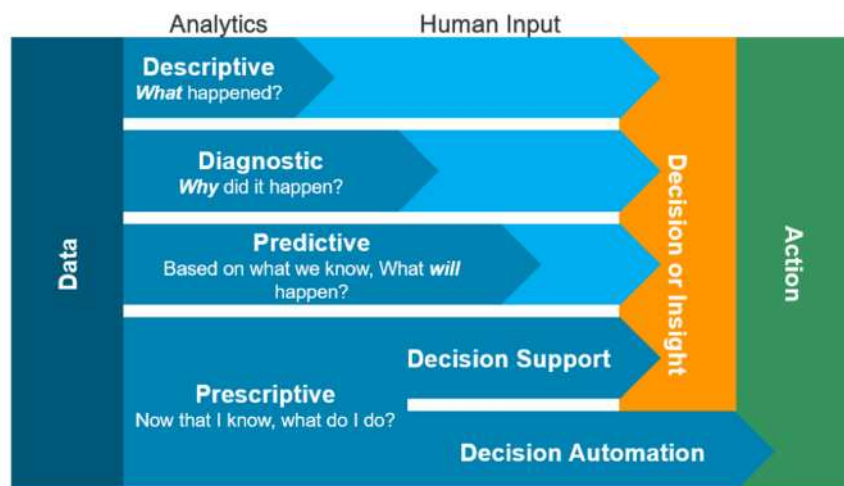


Figura 1.3-4 Tipologie di analisi dei dati. Diritti di immagine: Eurecat adattato da [12].

Tra le fasi descritte, la parte di analisi descrittiva implica un maggiore intervento umano, dato che, in questa situazione è necessario comprendere il problema, prendere decisioni ed agire. Nell'analisi prescrittiva, l'intervento umano è minimo, perché il sistema è in grado di suggerire una linea d'azione o addirittura di prendere una decisione in maniera indipendente.

Il termine *Big Data* si riferisce a una rilevante quantità di informazioni diverse che vanno al di là della capacità degli attuali database di gestirle e analizzarle in un periodo di tempo specifico.

I Big Data sono un insieme di tecnologie, algoritmi e sistemi progettati per raccogliere grandi quantità di dati diversi ed estrarre da essi informazioni di valore utilizzando tecniche analitiche in tempo reale. Infatti, in uno scenario industriale, le fonti di informazione sono molteplici; i dati provengono infatti da sensori, apparecchiature e installazioni, interfacce HMI, applicazioni e sistemi informativi, operatori, web, social network, e-mail, telecamere, ecc.

I Big Data sono in genere definiti dalle 5 V che si riferiscono a:

1. *Volume*: La grandezza dei dati generati.
2. *Velocità*: La velocità con cui i dati sono generati, raccolti e utilizzati.

3. *Varietà*: Le diverse tipologie di dati raccolti.
4. *Veridicità*: La qualità e l'accuratezza dei dati.
5. *Valore*: Abilità di trasformare i dati in informazioni utili.

Nel contesto dei Big Data, sono di particolare interesse le applicazioni delle tecniche di Intelligenza Artificiale e di Machine Learning. In particolare, entrambi questi approcci utilizzano degli algoritmi matematici che consentono di sviluppare dei sistemi di apprendimento automatico al fine di inferire i dati per estrarre utili informazioni.

Il *machine learning* (*apprendimento automatico*) è lo studio scientifico di algoritmi e modelli statistici che i sistemi informatici utilizzano per svolgere efficacemente un compito specifico senza utilizzare istruzioni esplicite, affidandosi invece a modelli e inferenze.

Sia i Big Data che il machine learning sono strumenti chiave e di grande importanza con diversi usi nell'industria. Offrono molti vantaggi tra cui il supporto e l'automazione del processo decisionale, la pianificazione intelligente del lavoro all'interno di una fabbrica, la configurazione automatica delle macchine in base agli ordini di lavoro, l'ottimizzazione del controllo qualità e la manutenzione predittiva e prescrittiva.

1.3.3 Cloud Computing

Il cloud computing implica un cambiamento di paradigma rispetto al modello tradizionale che da sempre è stato basato sull'acquisizione e l'installazione progressiva di nuovi dispositivi hardware, con conseguente limitazioni e non efficienze legate ai costi di licenza, la manutenzione e l'acquisto delle attrezzature.

Il cloud computing consente l'utilizzo di servizi informatici su una rete, solitamente Internet, in modo tale che l'azienda paghi solo per le risorse che utilizza, rendendo tecnicamente ed economicamente fattibile ottenere l'accesso a grandi capacità di calcolo.

Esso offre importanti vantaggi per un'azienda, perché consente di accedere solo alle risorse necessarie in modo agile ed economico, con il vantaggio aggiuntivo di avere la capacità di adeguare la portata e/o aumentare le risorse a seconda delle esigenze.

Il modello basato su cloud è un elemento chiave per poter utilizzare altre tecnologie come big data, tecniche di machine learning o simulazione, ed è quindi indispensabile per qualsiasi settore che desideri adottare il paradigma I4.0.

Il cloud è inoltre estremamente utile per facilitare la condivisione dei dati tra i siti e i confini aziendali. Le prestazioni delle tecnologie cloud miglioreranno, raggiungendo tempi di reazione di millisecondi. Di conseguenza, i dati e le funzionalità delle macchine verranno sempre più distribuiti nel cloud, consentendo la disponibilità di servizi per la produzione che sempre più saranno abilitati dei dati.

1.3.4 Cybersecurity

La *cybersecurity* è un elemento indispensabile senza il quale l'adozione del paradigma I4.0 non può essere avvenire con successo. Infatti, data l'elevata connettività, è necessario proteggere dalle minacce informatiche i sistemi industriali critici e le linee di produzione.

I tre pilastri principali della cybersecurity sono: Confidenzialità, Integrità e Disponibilità (Availability) - CIA.

1. *Confidenzialità*: Il principio relativo alla confidenzialità è monitorare l'accesso ai dati sensibili affinché essi siano gestiti dalle persone corrette.
2. *Integrità*: Il principio relativo alla integrità mira a garantire l'accuratezza, l'affidabilità e la validità delle informazioni durante.
3. *Disponibilità*: Il principio relativo alla disponibilità ha obiettivo di garantire la disponibilità delle informazioni quando esse sono necessarie.

Per garantire la sicurezza informatica, le aziende hanno la necessità di adottare dei modelli di sicurezza che rispettano le norme esistenti, come le ISA-99 e IEC-62443 [13]. Inoltre, è anche importante che le aziende adottino il concetto di *security by design*, in cui la sicurezza viene presa in considerazione fin dalla fase iniziale di progettazione e concettualizzazione di nuovi prodotti, processi, sistemi e servizi. Pertanto, incorporando misure e criteri di sicurezza fin dall'inizio, è possibile ridurre al minimo e in larga misura i rischi informatici.

1.3.5 Integrazione Orizzontale e Verticali dei Sistemi

L'*integrazione verticale* è interna ai sistemi di produzione e ad altre aree e reparti di un'azienda (ad esempio vendite, finanza, risorse umane, produzione, ecc.) Mentre l'*integrazione orizzontale* è rivolta verso l'intera catena del valore del ciclo di vita del prodotto, includendo così fornitori, partner e clienti.

1.3.6 Realtà Aumentata

Il modo in cui si interagisce con computer e macchine è destinato a cambiare nei prossimi decenni. Il termine "*Human Machine Interaction - HMI*" descrive i metodi con avviene l'interazione tra essere umano e macchina.

Secondo Gartner, la *Realtà Aumentata* consiste nell'uso in tempo reale delle informazioni sotto forma di testo, grafica ed altre estensioni integrate negli oggetti del mondo reale. La creazione di contesti che combinano il mondo reale con elementi virtuali permette applicazioni rilevanti in ambito industriale aumentando la produttività grazie alla possibilità di accedere *in situ* alle informazioni di interesse. Le applicazioni della Realtà Aumentata sono numerose: ad esempio in termini di assistenza tecnica attraverso istruzioni step-by step su come assemblare un prodotto finito, training, assistenza in remoto. Altri aspetti in grado di essere

impattati dalla Realtà Aumentata sono il controllo qualità, il monitoraggio della produttività e delle performance e la gestione delle scorte.

Un altro tipo di HMI è la *realtà virtuale*. La realtà aumentata altera la percezione continua di un ambiente del mondo reale, mentre la realtà virtuale sostituisce completamente l'ambiente del mondo reale dell'utente con uno simulato. La realtà virtuale è principalmente impiegata per la formazione (es. nella gestione di situazioni di rischio) e per la prototipazione industriale.

1.3.7 Simulazione

La *simulazione* è un modello o un esempio rappresentativo del funzionamento di un processo, sistema o oggetto nel tempo. La simulazione di prodotti con prototipi virtuali permette di ottimizzare la fase di progettazione di nuovi prodotti con una minimizzazione dei costi di sviluppo e una riduzione della durata del periodo di introduzione sul mercato. Le tecniche di modellazione 3D dei prodotti consentono anche l'implementazione di controlli di qualità ad alta precisione (es. Metrologia) dei prodotti fabbricati.

La riproduzione virtuale di una fabbrica (che può includere macchine, prodotti ed esseri umani), in base alla quale vengono modellate le prestazioni dell'impianto in questione, consente la valutazione razionale dei costi, dei tempi e dell'idoneità delle diverse alternative di configurazione dell'impianto nonché un'analisi della sua attuale capacità di risposta di fronte a diversi scenari di domanda previsti.

1.3.8 Additive Manufacturing

La *manifattura additiva* è un sistema di produzione basato sulla creazione di un oggetto mediante disposizione strato per strato di materiale di diversa natura (es. plastica, resina, metallo) con cui è possibile riprodurre qualsiasi modello 3D come oggetto reale. Anche la manifattura additiva implica un cambiamento di paradigma, essa infatti consente:

- La ridefinizione dei processi di produzione in quanto permette la produzione senza stampi o utensili.
- La minimizzazione di parti assemblate, rendendo possibile ridurre l'ammontare di materiale impiegato ottenendo oggetti e componenti più leggeri.
- Flessibilità e rapido adattamento ai cambiamenti continui della domanda.
- Iper – personalizzazione dei prodotti e possibilità di realizzare lotti minimi di produzione.
- Inoltre, la capacità di decentralizzare i sistemi di produzione additiva consente anche di predisporre la produzione in prossimità di clienti mirati, riducendo così i costi associati agli aspetti logistici.

1.3.9 Robot Autonomi

I *robot* autonomi sono l'applicazione di sistemi robotici in grado di svolgere compiti con autosufficienza, senza un esplicito controllo umano. La International Federation of Robotics (IFR) indica come questa tecnologia sia in crescita, a causa di diversi fattori: tra questi la crescente domanda produttiva, la necessità di standard elevati, la tendenza alla personalizzazione di massa, i requisiti di miniaturizzazione e l'evoluzione verso cicli di vita più brevi dei prodotti.

Una delle più importanti applicazioni della robotica automatizzata è rappresentata dai robot collaborativi. Nel dettaglio, i *robot collaborativi* (spesso chiamati "*cobot*") sono robot industriali progettati specificamente per lavorare a fianco degli esseri umani in uno spazio di lavoro condiviso e per eseguire attività in collaborazione. Questi robot sono progettati con una varietà di caratteristiche tecniche che assicurano che non causino danni quando un lavoratore entra in contatto diretto con essi. Queste caratteristiche includono materiali leggeri, contorni arrotondati e sensori che misurano e controllano forza e velocità e assicurano che non siano superate le soglie definite in caso di contatto.

La robotica collaborativa consente ai produttori di migliorare la produttività utilizzando i robot per integrare le competenze umane, alleviando i lavoratori dalle attività non ergonomiche e dai compiti noiosi e può essere utilizzata per automatizzare parti di una linea di produzione con pochissimi cambiamenti nel resto del processo.

Sempre secondo la IFR, il mercato dei robot collaborativi è ancora agli inizi. I risultati preliminari mostrano come meno del 4% dei 381.000 robot industriali installati a livello globale nel 2017 erano *cobot*. Ma questa percentuale è destinata a crescere nel prossimo futuro, quando l'industria scoprirà i benefici legati questa tecnologia.

1.4 Incontrare la Tecnologia: Casi di Studio Pratici

Come evidenziato in precedenza, non è necessario che un'azienda sia una grande impresa o una multinazionale per beneficiare dei vantaggi dell'adozione della tecnologia fintanto che la tecnologia adottata fornisce soluzioni utili per soddisfare esigenze e sfide. La tecnologia, infatti, consente la creazione e l'erogazione di valore non solo ai clienti ma anche ai dipendenti e agli stakeholder in generale.

Nella sezione precedente sono state identificate le tecnologie abilitanti. Questa sezione le considera nella pratica utilizzando alcuni esempi che illustrano l'impatto che l'adozione della tecnologia può avere sui modelli di business delle imprese e sulla creazione di valore. Questi esempi derivano da diversi settori e applicazioni. Essi provengono nella maggior parte da settori diversi dal manifatturiero al fine di renderli fonte di ispirazione.

1.4.1 Utilizzo di Open Data – L'iniziativa dei Taxi a Zaragoza

L'iniziativa taxi di Saragozza è un esempio su come fornire valore sia ai clienti che ai dipendenti.

Utilizzando le opportunità offerte dai dati, alcune compagnie di taxi sono in grado di migliorare le prestazioni delle loro operations. Ad esempio, nella città di Saragozza, in Spagna, una compagnia di taxi utilizza i dati aperti disponibili sul sito web del comune per migliorare i suoi servizi. Ogni giorno l'azienda scarica tutti i dati pubblici relativi ad attività programmate in città (come conferenze, concerti, giochi sportivi, ecc.). La compagnia di taxi raccoglie ed elabora tali informazioni per riassumere attività, sedi, orari, ecc.

L'azienda ha anche sviluppato un'applicazione per i suoi tassisti in modo che possano essere inviati nelle sedi al momento giusto (subito dopo la fine dell'attività) per raccogliere potenziali clienti. In questo modo l'azienda è in grado di costruire valore per i loro conducenti che migliorano le loro possibilità di ottenere clienti ed evitare la guida improduttiva in giro per la città. Parallelamente, porta anche valore per i clienti che non devono chiamare né aspettare che i taxi per raggiungere i loro luoghi.

1.4.2 Ottimizzare il Controllo del Magazzino – Casa Viva

Un altro esempio su come la tecnologia è in grado di apportare valore ai dipendenti migliorando al contempo le prestazioni aziendali è la semplificazione delle operations interne.

Casa Viva è un rivenditore spagnolo di arredamento per la casa con 36 negozi in Spagna e Andorra. In precedenza, i dipendenti gestivano il controllo dell'inventario con un PDA specifico.

Recentemente, l'azienda ha introdotto gli smartphone come dispositivo per controllare tutti i suoi prodotti. I dipendenti utilizzano uno smartphone normale (come quello che hanno nella loro vita personale) con un'applicazione integrata per tenere traccia della disponibilità e della posizione di diversi prodotti semplicemente scattando foto delle loro etichette con codici incorporati.

L'introduzione, l'aggiornamento e la ricerca dei dati di prodotto sono diventati molto più semplici. Inoltre, in questo caso particolare la trasformazione digitale è stata caratterizzata come un processo di implementazione regolare poiché i dipendenti non hanno bisogno di abituarsi a una nuova tecnologia. Invece, stanno usando gli smartphone nello stesso modo in cui li usano nella loro vita normale.

1.4.3 Robot Terrestri per l'Agricoltura – Mas Llunes/ Grape Project

Un'altra questione importante nel mondo degli affari è l'impatto ambientale e i modi per ridurre la quantità di emissioni chimiche.

Oltre ai robot utilizzati nell'industria manifatturiera, vengono introdotti anche in altri settori come l'agricoltura. Oltre alla loro utilità per svolgere compiti pesanti sul campo, le pratiche agricole di precisione possono ridurre significativamente

l'impatto ambientale dell'agricoltura a causa dell'eccessiva applicazione di sostanze chimiche.

Mas Llunes (un'azienda di viticoltore) ha introdotto veicoli terrestri senza equipaggio (nell'ambito del progetto GRAPE) per applicare pesticidi e fungicidi con alta precisione risparmiando enormi quantità di tali sostanze chimiche e impedendo alla piantagione di essere esposta inutilmente a loro. Il robot è in grado di distribuire fino a 500 dispenser di feromoni e assegnarli ai rami della vite utilizzando un braccio articolato. Lo scopo dei dispenser è quello di spruzzare i feromoni con precisione per controllare le piaghe.

Le capacità di rilevamento avanzate consentono anche il monitoraggio a livello di pianta: il robot può monitorare lo stato di salute del vigneto, controllando i colori delle foglie, la secchezza e aiutando i proprietari a prendere decisioni sulla piantagione e sui trattamenti.

1.4.4 Risk Management – IDP / BIM4Safety project

Un'altra questione importante per le aziende è la gestione del rischio. Rischio in termini di sicurezza delle persone e in termini di sicurezza delle risorse.

Per le attività industriali in generale, e in particolare nel settore delle costruzioni, vi è un alto rischio di lesioni e decessi a causa del pericoloso collocamento di persone e macchinari. C'è anche preoccupazione per la posizione delle persone in caso di un grave problema quando la costruzione occupa grandi quantità di spazio (come nella costruzione delle infrastrutture civili).

Aziende come IDP (una società di ingegneria) hanno introdotto una combinazione di BIM (Building Information Modelling) e Internet of Things per migliorare la sicurezza e la gestione dei rischi. I BIM sono programmi software in grado di modellare e gestire le caratteristiche fisiche e funzionali dei luoghi (principalmente edifici). Sono progettati per aiutare i professionisti dell'architettura, dell'ingegneria e dell'edilizia a pianificare, progettare e gestire in modo efficiente quegli edifici e le loro infrastrutture.

Combinando le funzionalità del BIM con i vantaggi dell'Internet of Things, le aziende possono integrare all'interno del software non solo le risorse statiche (pareti, condutture, ecc.) ma anche beni mobili come macchinari e lavoratori. Sensori e dispositivi indossabili sono collegati alle persone e alle risorse fisiche per monitorare la loro posizione. La localizzazione in tempo reale può essere utilizzata quando necessario (ad es. per l'inventario, in caso di pericolo e pianificazione del layout).

1.4.5 Droni per l'Ispezione delle Fogne – FCC

La riduzione dei costi operativi e di manutenzione è una questione chiave per le aziende che operano nei mercati attuali.

Fomento de Construcciones y Contratas (FCC) è una società spagnola che offre servizi igienico-sanitari urbani ai comuni e agli operatori delle infrastrutture civili. Il drone, che in realtà è un veicolo micro-aereo senza equipaggio (MAV) dotato di

sensori di navigazione, mira a ridurre i rischi di manodopera associati alle attività operative e di manutenzione, nonché a ridurre i costi di manutenzione grazie a ispezioni più rapide e precise.

I droni sono anche in grado di raggiungere aree che non possono essere raggiunte dai veicoli terrestri, principalmente a causa di polvere e acqua piovana, gallerie strette, ostacoli fisici, gas, ecc. I droni sono ideali per le aree di difficile accesso o pericolose per gli esseri umani; questi veicoli possono funzionare in gallerie larghe fino a 80 cm.

Tali droni possono ispezionare 300 metri in 10 minuti. Pertanto, consente ai team di ispezionare quasi 2,5 km al giorno con una drastica riduzione dei costi e degli inconvenienti e un aumento della produttività.

La produttività è anche favorita poiché la quantità di dati che il drone è in grado di raccogliere (registrando l'ispezione completa in video) per l'elaborazione successiva è molto più grande rispetto a quella acquisita dagli esseri umani.

Il drone opera in modalità di volo autonomo, ma può essere visto dall'esterno delle gallerie al fine di prendere decisioni nel caso in cui siano necessarie misure e osservazioni specifiche. Poiché non sono disponibili GPS o segnali di posizionamento esterni, il drone deve calcolare la sua posizione e velocità in maniera autonoma.

1.4.6 Migliorare il Monitoraggio dei Pazienti – Skintemp

Migliorare l'usabilità e il comfort per gli utenti è anche una questione chiave quando si tratta di fornire valore o utilità.

SkinTemp sta producendo e vendendo una striscia con un sensore simile a un intonaco. Il sensore è in grado di misurare la temperatura corporea, il livello di glucosio, la saturazione di ossigeno nel sangue, la frequenza cardiaca e persino la pressione sanguigna. Inoltre, l'utente può leggere (e registrare) lo stato e l'evoluzione di tutti quegli indicatori in un'applicazione disponibile per gli smartphone.

Dal momento che la striscia è un dispositivo davvero piccolo può essere indossato impercettibilmente e comodamente per un lungo periodo di tempo, è molto conveniente per la popolazione in generale, ma soprattutto per i bambini o gli anziani che potrebbero avere dei problemi nel utilizzare un termometro normale su campioni ripetuti.

1.4.7 Trovare Nuovi Canali di Distribuzione – Homeplus by Tesco

Infine, un ultimo esempio di valore e utilità per i consumatori.

Questo esempio è tratto da Homeplus, una catena di supermercati coreana di proprietà di Tesco fino al 2015, quando Tesco ha infine venduto la società al fondo di investimento MBK Partners.

Quando Tesco e Homeplus sbarcarono in Corea del Sud, la loro preoccupazione principale era quella di ottenere una posizione nella mente del consumatore coreano e di differenziarsi dai loro concorrenti. Tesco si rese conto che la Corea del Sud è

rappresentata da una società che lavora sodo: i coreani rimangono sul posto di lavoro fino a tardi. Inoltre, si sono anche resi conto che i coreani trascorrono molto tempo come pendolari con i mezzi pubblici, principalmente sui treni o sulla metropolitana. Di conseguenza, spendono anche del tempo in attesa sulle piattaforme e non hanno disponibilità per lo shopping nel supermercato. Infatti, quando vanno a fare shopping, vi sono anche supermercati sovraffollati e lunghe code ai banchi.

Tesco e Homeplus hanno avuto la brillante idea di aprire dei supermercati sulle piattaforme sotterranee in modo che i coreani potessero massimizzare il loro tempo di attesa nel sistema di trasporto pubblico.

Tesco ha replicato i suoi scaffali dei supermercati coprendo le pareti con cartelloni pubblicitari che contenevano lo stesso layout di prodotti e gli imballaggi. Inoltre, le immagini dei prodotti includevano anche un codice QR incorporato in modo che le persone fossero in grado di acquistare semplicemente scattando una foto del codice, aggiungendolo al loro carrello e terminando il processo con un semplice clic. I prodotti venivano poi consegnati prontamente al domicilio in modo che i clienti li trovassero al loro ritorno a casa. I coreani sono stati in grado di sfruttare al meglio il loro tempo trasformando l'attesa in tempo di acquisto.

1.5 Conclusioni

Il paradigma Industria 4.0 è iniziato in Germania nel 2011 e si è progressivamente esteso in altre nazioni europee e a livello internazionali. L'obiettivo finale di qualsiasi iniziativa che promuova l'Industria 4.0 è quello di connettere e trasformare i sistemi fisici con la tecnologia informatica al fine di ottenere adattabilità, flessibilità ed efficienza produttiva. L'attuale cambiamento tecnologico differisce dalle rivoluzioni precedenti non solo per la tecnologia stessa, ma anche per il grado di interconnessione, la velocità di accelerazione e l'incertezza del cambiamento stesso. L'Industria 4.0 è la digitalizzazione sistematica dei processi di un'organizzazione, che combina tecnologie digitali e industriali con processi di trasformazione aziendale. Abbiamo finito il capitolo passando dalla teoria alla pratica: coprendo alcuni casi pratici di imprese che digitalizzano i loro processi nell'ambito dell'I4.0.

Accesso Aperto L'autore(i) ed il detentore(i) dei diritti relativi ai contributi di tale capitolo garantiscono a tutti gli utilizzatori il diritto d'accesso gratuito, irrevocabile ed universale e l'autorizzazione a riprodurlo, utilizzarlo, distribuirlo, trasmetterlo e mostrarlo pubblicamente e a produrre e distribuire lavori da esso derivati in ogni formato digitale per ogni scopo responsabile, soggetto all'attribuzione autentica della paternità, nonché il diritto di riprodurne una quantità limitata di copie stampate per il proprio uso personale.

Se non diversamente indicato le immagini e il materiale di terze persone inclusi in questo capitolo sono sotto la licenza Creative Common. Il materiale con diritti riservati necessita la richiesta di un permesso per poter essere riprodotto, utilizzato o distribuito.

1.6 Bibliografia

- [1] Fonte: Citi Digital Strategy Team.
- [2] Fonte: CB Insights
- [3] Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H. G., Feld, T. And Hoffmann, M. (2014) 'Industry 4.0.' Business And Information Systems Engineering, 6(4), Pp. 239–242
- [4] VIDEO: WHAT IS THE FOURTH INDUSTRIAL REVOLUTION? – World Economic Forum.
- [5] Fonte: Roland Berger
- [6] Basato su: "Document Model maduresa per l'adopció de la Indústria 4.0 en l'empresa" (SmartCatalonia, created by Eurecat Technology Centre). http://smartcatalonia.gencat.cat/web/.content/02_Projectes/documents/SmartCAT_Model-maduresa-I4.0.pdf
- [7] Fonte: "Industry 4.0: How to navigate digitization of the manufacturing sector." McKinsey Digital 2015. Mckinsey&Company
- [8] Fonte: Own Creation Inspired By: Api Product Management.
- [9] Fonte: What Industry 4.0 Means For Manufacturers. Aethon Graphic Inspired By Boston Consulting Group Discussion On Industry 4.0
- [10] Fonte: What Industry 4.0 Means For Manufacturers. Aethon Graphic Inspired By Boston Consulting Group Discussion On Industry 4.0
- [11] Fonte: Ispirato a [Http://Archive.Rtcmagazine.Com/Articles/View/106730](http://Archive.Rtcmagazine.Com/Articles/View/106730)
- [12] Fonte: Adattato da Gartner Report July 2015
- [13] IEC - International Electrotechnical Commission. Publicly available documentation at: <https://webstore.iec.ch/searchform?q=IEC%2062443>



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



“Il supporto della Commissione europea per la produzione di questa pubblicazione non costituisce un'approvazione dei contenuti che riflettono solo le opinioni degli autori e la Commissione non può essere ritenuta responsabile per l'uso che può essere fatto delle informazioni in essa contenute”

Digital Manufacturing Training System for SMEs (Digit-T)
Project ref: 2017-1-UK01-KA202-036807