POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea Magistrale

La gestione dei materiali MRO (Maintenance, Repair and Overhaul):
Un'applicazione dei nuovi approcci dell'intelligenza artificiale

Relatore

Ch.mo Prof. Luigi Buzzacchi

Candidato

Claudia Salerno

Anno Accademico 2018/2019

A mio padre, mio grande sostenitore e mio punto

di riferimento da sempre

Indice

Introduzione 6

Capitolo Primo

1. L'avvento dell'Industry 4.0 e del Quality 4.0 8

1.1 L'Industry 4.0 9

1.1.1 *Big Data and Analytics* 11

1.1.2 *Cloud Computing* 13

1.1.3 *CyberSecurity* 14

1.1.4 *Horizontal & Vertical Integration* 15

1.1.5 *Robots* 15

1.1.6 *Augmented reality* 16

1.1.7 *Additive manufacturing* 17

1.1.8 *Simulation (realtà virtuale)* 20

1.1.9 *Internet of Things* 21

1.2 Il Quality 4.0 23

1.2.1 *Data* 24

1.2.2 *Analytics* 24

1.2.3 *Connectivity* 25

1.2.4 *Collaboration* 25

1.2.5 *App Development* 25

1.2.6 *Scalability* 25

1.2.7 *Management system* 26

1.2.8 *Compliance* 26

1.2.9 *Culture* 27

1.2.10 *Leadership* 27

1.2.11 *Competence* 28

1.3 Come l'Italia sta procedendo verso il Quality 4.0 28

Capitolo Secondo

2. La creazione di Valore 33

2.1 Ecosistema Aziendale 33

2.2 *La creazione di valore nella produzione manifatturiera:*

la nascita del Lean Management 35
2.2.1 *Lean Management* 37
2.2.2 *I passi per un'organizzazione Lean* 39
2.2.3 *La connessione tra Lean Management e Industry 4.0* 45

Capitolo Terzo

3. L'avvento dell'Intelligenza Artificiale 47
3.1 Il trade off tra il ruolo dell'uomo e la tecnologia 51
3.2 I principali ostacoli all'implementazione dell'Intelligenza Artificiale 52
3.3 I principali punti di forza dell'AI 53
3.4 Le leve su cui spingere per la giusta adozione tecnologica 55
3.5 L'incremento della qualità nel settore produttivo in seguito all'implementazione dell'Intelligenza Artificiale 57
3.5.1 *Il controllo qualità tradizionale nella produzione* 57
3.5.2 *Il contributo dell'intelligenza artificiale nel controllo qualità* 60
3.6 Lo sfruttamento dell'AI per sviluppare processi di predictive maintenance 64
3.6.1 *Ma cos'è realmente la manutenzione predittiva?* 64
3.6.2 *L'impatto della manutenzione predittiva nei processi aziendali* 65
3.6.3 *L'applicazione della manutenzione predittiva sulla linea di produzione* 66
3.6.4 *Il futuro della manutenzione predittiva* 67
3.6.5 *Studio Mckinsey Global Institute e la stima dei benefici della Predictive Maintenance* 68

Capitolo Quarto

4. Business Case: gestione dei materiali MRO (Maintenance, Repair, Overhaul)72
4.1 Introduzione al business case MRO 72
4.1.1 *Il concetto di Supply Chain* 72
4.1.2 *La Supply Chain nel mondo Automotive* 73
4.1.3 *Sistemi di gestione ERP e i benefici nelle realtà aziendali* 75
4.1.4 *Vantaggi e svantaggi dei sistemi gestionali ERP* 76

4.2 Business case: MRO Project 78
4.2.1 *Attività concordate durante il Kick off meeting al fine di garantire l'obiettivo del cliente* 81
4.2.2 *Il perimetro di definizione e la gestione MRO* 82
4.2.3 *Pianificazione e gestione dell'inventario* 86
4.2.4 *La classificazione merceologica degli MRO* 88
4.2.5 *Organizzazione dell'attività svolta dal team di consulenza* 92
4.2.6 *Razionalizzazione degli attributi tecnici* 93
4.2.7 *Analisi effettuate per valutare la bontà di compilazione del database* 97
4.2.8 *Razionalizzazione dei materiali* 100
4.3 Soluzione Business Case 105
4.3.1 Confronto del processo tradizionale con il processo di AI 114

Conclusioni 118
Bibliografia 120
Sitografia 122
Ringraziamenti

Introduzione

Il seguente elaborato nasce dal lavoro da me prestato in una grande società di consulenza presso la quale ho svolto un'esperienza di stage. In quest'ambito ho avuto l'opportunità di prender parte ad un progetto di razionalizzazione del database "magazzino materiali indiretti (MRO)" in 24 stabilimenti di un grosso cliente automotive internazionale. La mia attività – insieme al team nel quale sono stata inserita – è stata quella di:

- controllare la compilazione del database alimentato dai dati dei singoli impianti produttivi. In particolare, ogni impianto ha alimentato il database dei materiali-pezzi indiretti, denominati "part number", con le opportune classificazioni e caratteristiche tecniche;

- validare, correggere, aggiornare e razionalizzare il database. La razionalizzazione del data base, se fatta con giusta causa, può infatti generare un consistente risparmio nell'acquisizione dei materiali indiretti e un conseguente risparmio. Ciò può anche essere d'esempio per altre società del gruppo, vista la tendenza generalizzata a trascurare una attenta gestione dei materiali indiretti, sottovalutando i benefici cui si finisce per rinunciare.

La razionalizzazione del database nel momento in cui il mio team di lavoro ha affrontato il progetto, ha constato che essa avviene ancora manualmente; essendo quindi un lavoro molto ripetitivo ciò causa facilmente un calo di prestazioni da parte degli addetti alla razionalizzazione sia interni all'organizzazione che esterni (consulenti aziendali), con conseguente errata standardizzazione e mancato raggiungimento del target di risparmio prefissato. Il nostro compito è stato quello di ricercare ed approfondire una metodologia che potesse risolvere tale problematica. La metodologia proposta per la razionalizzazione del database ha introdotto l'uso dell'*Intelligenza Artificiale* (**AI**) per sopperire all'errore umano.

Nel lavoro che segue, prima dell'illustrazione del business case e delle soluzioni introdotte si è ritenuto opportuno approfondire alcuni argomenti che conducessero proprio verso le tematiche del caso e della soluzione proposta (con una speciale enfasi sull'uso dell'AI).

In particolare, nel primo capitolo si fornisce una breve descrizione dell'industry 4.0, delle nuove tecnologie abilitanti nate in questo paradigma e dell'apporto che tali tecnologie possano dare alla qualità aziendale.

Nel secondo capitolo in cui viene illustrata una panoramica sul concetto di *"Lean Production"* e sui benefici che quest'ultima ha portato specialmente nell'industria manufatturiera.

Nel terzo capitolo viene introdotto il tema dell'intelligenza artificiale e della sua implementazione nei contesti industriali, con approfondimenti:

- su benefici che essa può portare nei processi produttivi, in termini di aumento della qualità aziendale, attraverso diverse procedure come la manutenzione predittiva;
- sugli aspetti critici che ancora ostacolano l'adozione dell'intelligenza artificiale, in particolare il timore che la macchina costruita dall'uomo possa sostituire il lavoro umano all'interno dell'azienda.

Infine, nel quarto capitolo – dopo la premessa teorica dei capitoli precedenti – viene illustrato il business case con il relativo contesto in cui è ambientato e la soluzione proposta per migliorare il processo aziendale considerato.

A conclusione dell'elaborato verranno esposte delle considerazioni conclusive sul business case e sulla relativa soluzione, anche a fronte degli approfondimenti teorici dei primi capitoli.

Capitolo Primo

1. L'avvento dell'Industry 4.0 e del Quality 4.0

La Rivoluzione Industriale comporta la trasformazione, attraverso il sorgere e l'affermarsi di nuove tecnologie, dei sistemi produttivi e della società circostante. La prima Rivoluzione Industriale è avvenuta negli ultimi anni del '700 e da all'ora in avanti sono avvenute ben altre due rivoluzioni industriali. Oggi si sta assistendo alla quarta rivoluzione industriale, chiamata comunemente "**Industry 4.0**" che determinerà un ulteriore sviluppo, cambiamento dei sistemi produttivi.
Il passaggio da una rivoluzione all'altra è stato lento e graduale, ma l'effetto di ogni rivoluzione è stato radicale (Fig. 1).
La **prima rivoluzione industriale** nacque in Inghilterra alla fine del XVIII secolo e fu caratterizzata dall'introduzione nelle fabbriche di macchine ad azionamento meccanico per mezzo di combustibili fossili che permisero un aumento della produttività. Tale rivoluzione interessò innanzitutto il settore cotoniero e quello siderurgico, successivamente anche gli altri settori segnando un cambiamento di direzione per la l'industrializzazione mondiale. Alla fine dell'800, si assistette alla **seconda rivoluzione industriale** con lo sviluppo di nuove fonti di energia quali il petrolio e l'energia elettrica; petrolio che permise la diffusione dei motori a scoppio. Il passaggio alla **terza rivoluzione industriale** si ebbe nel 1969 con l'invenzione del controllore logico programmabile, nel 1971, anno in cui ci fu la creazione del primo microchip. Lo sviluppo della microelettronica e dell'informatica ha determinato un mutamento radicale nel mondo della comunicazione.
Oggi è in atto la cosiddetta "**Quarta rivoluzione**" che, come tutte le altre, non solo comporterà un notevole cambiamento industriale ed un continuo miglioramento della qualità nei processi aziendali, ma comporterà anche un cambiamento economico e sociale.
Il concetto predominante di quest'ultima rivoluzione è quello di Industry 4.0.

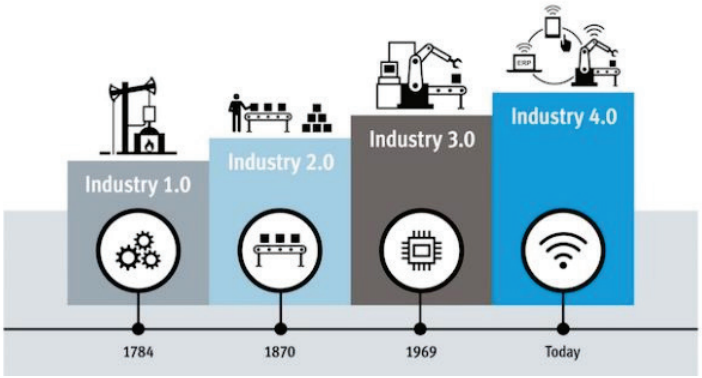

Figura 1: Le quattro rivoluzioni industriali

Fonte: http://www.merqurio.it/2017/10/31/pharma4-0-automazione-industriale/

1.1 L'Industry 4.0

Siamo nel bel mezzo di una quarta ondata di progressi tecnologici: la nuova rivoluzione industriale e digitale, nota come Industria 4.0. Il termine descrive una nuova fase di organizzazione e di gestione dell'intera catena del valore lungo tutto il ciclo di vita del prodotto, per far fronte all'esigenza sempre più forte del cliente di personalizzarlo. In questa trasformazione: fornitura, produzione, manutenzione, consegna e assistenza clienti saranno collegati tra loro via internet permettendo il passaggio da catene di valore rigide a catene di valore altamente flessibili. I diversi sistemi: sensori, macchine, pezzi in lavorazione e sistemi IT (noti anche come sistemi cibernetici) possono interagire tra loro utilizzando protocolli standard. La fabbrica intelligente consentirà di raccogliere e analizzare i dati tra le macchine, consentendo processi più veloci, flessibili e più efficienti per produrre beni di qualità superiore a costi ridotti.
È importante la standardizzazione per far sì che i benefici del bene digitale coinvolgano il mercato globale.
Il termine Industria 4.0 è stato proposto per la prima volta da Henning Kagermann, Wolf-Dieter Lukas e Wolfgang Wahlster alla Fiera di Hannover nel 2011 durante la presentazione del progetto "**Zukunftsprojekt Industrie 4.0**" per lo sviluppo del settore manifatturiero tedesco, che avrebbe condotto l'industria del paese a un ruolo di primo piano nel mondo.
Nell'ottobre 2012, il team dedicato all'Industry 4.0, presieduto da Siegfried Dais della multinazionale dell'ingegneria e dell'elettronica Robert Bosch GmbH e da Henning Kagermann di Acatech (Accademia tedesca delle scienze e dell'ingegneria), propose al governo federale tedesco una serie di raccomandazioni per l'avvio di questi nuovi processi tecnologici. Dopo sei mesi, esattamente l'8 aprile del 2013, la relazione finale del gruppo di lavoro venne pubblicata alla fiera industriale di importanza mondiale di Hannover.

Nei documenti pubblicati è possibile trovare una prima visione di quello che sarà il settore domani: In futuro, le aziende stabiliranno reti globali che incorporano i loro macchinari, i sistemi di stoccaggio e gli impianti di produzione sotto forma di sistemi Cyber-Physical (**CPS**). Nell'ambiente di produzione, questi sistemi Cyber-Physical comprendono macchine intelligenti, sistemi di archiviazione e impianti di produzione in grado di scambiare autonomamente informazioni, attivare azioni e controllarsi reciprocamente in modo indipendente. Tutto ciò determinerà grandi miglioramenti in tutti quei processi industriali coinvolti nella produzione, nell'ingegneria, nell'uso dei materiali, nella catena di approvvigionamento e nella gestione del ciclo di vita del prodotto/processo. Si inizia a parlare così di fabbriche intelligenti nelle quali si utilizza un approccio alla produzione completamente innovativo: i prodotti intelligenti sono identificabili in modo univoco, possono essere sempre localizzati, è ritracciabile la loro storia e il loro stato.

Il lancio di questa nuova sfida, proposta in Germania, ha ispirato molte iniziative europee e mondiali ed il termine Industria 4.0 si è diffuso a livello internazionale. Infatti, durante quel periodo, General Electric ha promosso un'idea simile sotto il nome di “Industrial Internet” nel 2012; il governo degli Stati Uniti nel 2014 ha finanziato la ricerca e lo sviluppo in Internet per oltre $ 2 miliardi, sotto il nome di “Advanced Manufacturing”. Ulteriori concetti paralleli sono sotto il nome di industria integrata, industria intelligente e produzione intelligente.

Tuttavia, anche se Industry 4.0 è uno degli argomenti di discussione più frequenti tra accademici e scienziati in tutto il mondo, non esiste ancora una definizione esauriente e generalmente accettata del fenomeno. Anche i principali promotori dell'idea descrivono solo la visione, le tecnologie di base che l'idea propone e gli scenari selezionati, ma non forniscono una definizione chiara.

Nel 2015, i ricercatori iniziano davvero ad affrontare questo problema. In particolare, un gruppo di ricerca composto da Mario Hermann, Tobias Pentek e Boris Otto, ricercatori presso la Technische Universitat Dortmund, con il supporto di AUDI, ha cercato di dare una definizione organica del soggetto riassumendo tutta la letteratura pertinente fino a quel periodo. Questa ricerca ha cercato di tracciare gli aspetti centrali di Industry 4.0 al fine di tracciare una definizione accettabile sia dai ricercatori che dai dirigenti. Una prima ricerca condotta attraverso lo studio delle parole chiave ha evidenziato gli argomenti più citati nelle pubblicazioni, ha dato il via a un disegno di concetto strettamente correlato al macrosistema di Industrie 4.0, evidenziando le nuove tecnologie, le cosiddette tecnologie “abilitanti”, che consentiranno la digitalizzazione dei processi e la completa automazione. Una seconda ricerca, selezionando solo gli articoli che contenevano esplicitamente il termine Industrie 4.0, Industry 4.0 o una

delle parole chiave trovate, ha permesso di dare una definizione dei sotto-concetti e di ottenere una descrizione di cosa effettivamente significhi Industry 4.0.
Riguardo alle tecnologie abilitanti emerse, sono stati individuati nove progressi tecnologi fondamentali (Fig. 2):

- Big Data and Analytics
- Cloud Computing
- Cybersecurity
- Horizontal and Vertical Integration
- Robotics
- Augmented Reality
- Additive Manufacturing
- Simulation
- Internet of Things (IoT)

Figura 2: Le nove tecnologie abilitanti

Fonte: http://www.e-cons.it/finanziamenti/industria-4-0-digital-empowermentpreparare-capitale-umano-allinnovazione-tecnologica/7747/

1.1.1 Big Data and Analytics

L'analisi basata su grandi set di dati è emersa solo di recente nel mondo della produzione e permette di ottimizzare la qualità della produzione, risparmiare energia e migliorare il servizio delle attrezzature. I **Big Data** sono un termine che descrive il grande volume di dati, sia strutturati che non strutturati, che inondano un'azienda su base giornaliera. La digitalizzazione di processi, IoT (paragrafo 1.1.9),

oggetti e persone generano costantemente dati che passano dal mondo fisico al mondo cibernetico generando, un enorme flusso di dati che i database tradizionali non sono in grado di gestire. Non è la quantità di dati ad essere importante, ma ciò che le organizzazioni fanno con questi dati raccolti. I big data possono essere analizzati per approfondimenti che portano a decisioni migliori e a mosse strategiche di business. Tutte le informazioni vengono gestite da questa tecnologia e poi attraverso lo studio e l'analisi dei dati archiviati si riesce a migliorare la qualità aziendale. Big Data e Analytics consentono numerosi vantaggi:

- **Archiviazione di un volume enorme di dati**. Le organizzazioni raccolgono dati da una varietà di fonti, tra le quali: transazioni commerciali, social media, informazioni da sensori o dati tra macchine. Tutto ciò creava problemi per l'immagazzinamento dati in passato, problemi ormai risolti dalle nuove tecnologie come Hadoop, un framework tecnologico aperto per la programmazione di sistemi di analisi su quantità copiose di dati;
- **Velocità nella gestione del flusso di dati**. I flussi di dati arrivano ad una velocità senza precedenti e devono essere affrontati in modo tempestivo. Tag RFID, sensori e smart metering stanno guidando la necessità di gestire i dati in tempo quasi reale;
- **I dati sono disponibili in tutti i tipi di formati**, dai dati numerici strutturati nei database tradizionali a documenti di testo non strutturati, e-mail, video, audio, transazioni finanziarie. Insomma, una grossa varietà di dati trattati;
- **I dati di oggi sono molto complessi** provenendo da più fonti ed affinché, ci sia la giusta corrispondenza, pulizia e trasformazione dei dati tra i sistemi, è necessario, appunto, connettere e correlare i dati;
- **Oggi i flussi di dati possono essere altamente incoerenti con picchi periodici**. Pertanto, c'è una forte variabilità dei dati cha sarebbe impossibile gestire con i sistemi tradizionali;

Un esempio molto significativo del grande miglioramento che si può avere attraverso i Big Data, riguarda il produttore di semiconduttori "**Infineon Technologies**" il quale è riuscito a ridurre i guasti del prodotto correlando i dati dei singoli chip acquisiti nella fase di test, che avviene alla fine del processo di produzione, con i dati di processo raccolti nella fase iniziale. In questo modo, Infineon è in grado di identificare dei patterns anomali o outliers (valori anomali) che agevolano l'individuazione di chip difettosi sin dall'inizio del processo di produzione.

In conclusione, Big Data e Analytics sono strumenti chiave per l'industry 4.0 ed è per tale motivo che molti istituti di ricerca e accademici stanno implementando e ottimizzando queste tecnologie. Una delle agenzie che sta promuovendo questa innovazione è la Fraunhofer Society for the Advancement of Applied Research, la principale

agenzia di innovazione industriale in Germania, che ha creato l'iniziativa IDS (Industrial Data Space) incentrata sulla raccolta, gestione e analisi dei dati lungo l'intera catena di produzione, all'interno delle diverse unità della stessa azienda e all'interno delle varie società della stessa catena di produzione.

1.1.2 Cloud Computing

Le infrastrutture di cloud computing sono grandi data center che consentono all'utente di disporre delle risorse di cui hanno bisogno attraverso una formula **pay-per-use**, ovvero gli utenti pagano solo per le risorse e i carichi di lavoro che effettivamente consumano, piuttosto che dover costruire e gestire infrastrutture informatiche internamente. Il cliente acquista il servizio quando ne ha la necessità e l'hardware ed il software saranno disponibili in qualsiasi momento, da qualsiasi luogo e attraverso qualsiasi dispositivo. Inoltre, il cliente può accedere ai servizi da remoto, senza necessità di installazione, aggiornamento, backup o manutenzione dell'infrastruttura.
Esistono **tre** tipi di modelli **cloud computing**:

- Cloud privati: forniti dal data center di un'azienda ai suoi utenti interni, garantendo i benefici del cloud ma al contempo preservando la gestione ed il controllo dei dati aziendali.
- Cloud pubblici: un provider di servizi cloud offre il servizio su internet e lo vende su richiesta. Tra i principali provider di cloud pubblici spiccano Amazon Web Services (AWS), Microsoft Azure, IBM e Google Cloud Platform. Il cliente paga il servizio solo in base al suo reale utilizzo.
- Cloud ibrido: combinazione dei due cloud precedenti per garantire alle aziende di eseguire carichi di lavoro mission-critical o applicazioni sensibili sul cloud privato, mantenendo il controllo sui dati, sfruttando però tutto ciò che può fornire un servizio di cloud pubblico.

Inoltre, le organizzazioni stanno adottando sempre più un modello **multicloud**, migrando o operando simultaneamente tra due o più provider di servizi cloud, al fine di ridurre al minimo il rischio di interruzione del servizio e di usufruire di prezzi più competitivi da un determinato fornitore.
A loro volta questi modelli sono classificabili in tre tipi di categorie:

- SaaS (**Software as a Service**): il cliente utilizza un software, offerto da terze parti via Internet, ovunque e su qualsiasi dispositivo, senza dover acquistare ed installare il software nelle proprie apparecchiature. Esempi di tale servizio sono Salesforce, NetSuite e Concur.

- PaaS (**Platform as a Service**): funziona come la SaaS, ma l'erogazione del servizio è correlata a una piattaforma software del provider che la rende sempre accessibile via internet.
  AWS Elastic Beanstalk, Google App Engine and Heroku sono degli esempi.
- IaaS (**Infrastructure as a Service**): un modello in cui un fornitore di terze parti ospita server, storage e altre risorse di elaborazione virtualizzate e li mette a disposizione dei clienti su Internet. Alcuni esempi per questa categoria sono AWS, Microsoft Azure e Google Compute Engine.

I vantaggi del Cloud Computing sono maggiore trasparenza, riduzione dei costi di processo ed errori relativi alla gestione manuale dello stesso, risparmio di carta, di energia e di spazio. Inoltre, i documenti sono tracciabili e questo rende più veloce l'accesso ad essi.

1.1.3 CyberSecurity

La sicurezza informatica comprende tecnologie, processi e controlli progettati per proteggere sistemi, reti e dati dagli attacchi informatici. Un'efficace protezione informatica riduce il rischio di attacchi informatici e protegge organizzazioni e individui dallo sfruttamento non autorizzato di sistemi, reti e tecnologie. Una solida sicurezza informatica implica l'implementazione di controlli basati su tre pilastri: persone, processi e tecnologia. Questo approccio su tre fronti aiuta le organizzazioni a difendersi da attacchi altamente organizzati e minacce interne comuni, come violazioni accidentali e errori umani. Nel contesto dell'industry 4.0 è sempre più importante il concetto di sicurezza dei dati proprio per la grande mole di dati ed informazioni disponibili in rete che potrebbero essere attaccati dai cyber-criminali. I **cyber-criminali** non attaccano solo le banche e le grandi aziende, ma attaccano soprattutto le piccole, medie e micro-imprese, le cosiddette **PMI**[1], che inesperte ed impreparate non riescono a contrastare gli attacchi informatici.
I criminali bloccano le operazioni di queste aziende, rubano i loro beni, i dati o le strategie di business.

Questo fenomeno sta diventando sempre più frequente anche per gli **aeroporti**. Infatti, l'unione europea lancerà a metà 2019 una strategia di cybersecurity per difendere e prevenire incidenti e intrusioni ai voli. L'agenzia europea per la sicurezza aerea (Easa) stimò nel 2016 circa mille attacchi cibernetici al mese ad aerei ed aeroporti che hanno comportato: ritardi, cancellazione voli, furto di dati personali. Secondo Rasmussen, direttore standard di volo di Easa, le compagnie aere e gli aeroporti dovrebbero condividere, scambiarsi informazioni tra loro riguardo agli attacchi avvenuti, al

[1] Il mercato aziendale italiano è rappresentato principalmente dalle piccole medie imprese (PMI).

fine di cooperare e cercare una strategia comune che riesca a bloccare questi attacchi.

> *"L'aviazione è un sistema interconnesso, è frutto di un continuo scambio di informazioni", dobbiamo essere sicuri che non ci sia un anello debole che, se infettato, permetta al malware di spargersi. Oggi le persone sono più preoccupate della sicurezza fisica, ma noi dobbiamo assicurare la loro aspettativa di volare sicure qualunque sia il problema, cyber o fisico"* (Rasmussen, 2018).

Inoltre, osserva Rasmussen:

> *"In Europa ci sono molti piccoli aeroporti o compagnie che potrebbero sfuggire alla Nis"*.

I piccoli aeroporti, proprio come le PMI, potrebbero essere maggiormente soggetti ad attacchi informatici.
La strategia comune che verrà lanciata si baserà sulla direttiva Nis (Network and Information Security), che indica agli Stati di individuare qualsiasi infrastruttura critica soggetta ad attacchi informatici e cercare una soluzione.

1.1.4 Horizontal & Vertical Integration

La maggior parte dei sistemi IT odierni non è completamente integrata. Aziende, fornitori e clienti sono raramente strettamente collegati. Le stesse funzioni interne di una stessa azienda spesso non sono completamente integrate fra loro. Attraverso la rivoluzione 4.0, aziende e funzioni saranno completamente integrate e ciò permetterà di avere una **catena del valore** flessibile e automatizzata. I sistemi di produzione integrati sono collegati verticalmente con processi aziendali all'interno di fabbriche e imprese e collegati orizzontalmente a reti di valore che possono essere gestite in tempo reale dal momento in cui un ordine viene inoltrato fino alla sua evasione.

1.1.5 Robots

I produttori di molti settori hanno da tempo utilizzato robot per affrontare compiti complessi, ma i robot si stanno evolvendo per un'utilità ancora maggiore. Stanno diventando più autonomi, flessibili e cooperativi. Alla fine, interagiranno tra loro e lavoreranno al sicuro fianco a fianco con gli umani e impareranno da loro. Questi robot costeranno meno e avranno una gamma più ampia di funzionalità rispetto a quelli utilizzati oggi nella produzione. Attraverso l'intelligenza artificiale si spera si possa arrivare non solo alla connessione "**machine to machine**" per lo scambio di informazioni, ma anche a quella "man to machine".

In questa direzione si sta muovendo **Kuka**, produttore europeo di apparecchiature robotiche, offrendo robot autonomi che interagiscono tra loro. Questi robot sono interconnessi in modo che possano lavorare insieme e coordinare automaticamente le loro azioni per adattarsi al successivo prodotto incompiuto in linea. Sensori e unità di controllo di fascia alta consentono una stretta collaborazione con gli esseri umani.

Allo stesso modo, il fornitore di robot industriali ABB ha presentato per la prima volta alla fiera di Hannover, il 13 aprile 2015 il robot **YuMi**. Robot collaborativo a due bracci per l'assemblaggio di piccoli pezzi, esempio per l'elettronica di consumo, dotato di mani flessibili, sistemi per l'alimentazione dei pezzi, telecamera per il riconoscimento delle parti e controllo avanzato. YuMi è destinato a cambiare per sempre il concetto di automazione dell'assemblaggio. YuMi significa "tu e io", proprio per evidenziare il lavoro congiunto tra uomo e macchina.

1.1.6 Augmented reality

La realtà aumentata è la tecnologia che espande il nostro mondo fisico, aggiungendo strati di informazioni digitali su di esso. A differenza della realtà virtuale (VR), la realtà aumentata non crea l'intero ambiente artificiale per sostituire il reale con quello virtuale, ma la vista diretta o indiretta di un ambiente reale appare amplificato per mezzo di immagini, suoni sovrapposti creati dal computer. In tal mondo la percezione della realtà da parte dell'utente cambia.
Il termine fu coniato nel 1990 e uno dei primi usi commerciali fu in televisione e nell'ambito militare. Con l'avvento di Internet e degli smartphone, la realtà aumentata si è sviluppata sempre di più e al giorno d'oggi è principalmente legata al concetto d'interattività.
Questa nuova tecnologia può portare numerosi benefici in diversi ambiti come nel commercio al dettaglio, qui può agire per migliorare il coinvolgimento e la fidelizzazione dei clienti, nonché la consapevolezza del marchio che possono permettere all'azienda di guadagnare o mantenere il suo vantaggio competitivo, garantendo anche maggiori vendite. Alcune funzionalità possono anche aiutare i clienti a effettuare acquisti più saggi, fornendo dati di prodotto con modelli 3D di qualsiasi dimensione o colore. Gli immobili, anche, possono beneficiare della Realtà Aumentata tramite tour 3D di appartamenti e case che l'utente, grazie all'interazione, può manipolare e modificare a proprio piacimento.
Al di là di questo, l'applicazione della realtà aumentata può portare enormi progressi in diversi campi:

- Istruzione: modelli interattivi per scopi di apprendimento e formazione, dalla matematica alla chimica.

- Medicina: per aiutare a diagnosticare e monitorare una malattia oppure per addestrare il personale. Il medico potrebbe accedere in qualsiasi momento ad immagini e altri dati storici in tempo reale per discutere con il paziente, senza dover accedere a un computer o controllare una stanza dei registri. Durante un intervento chirurgico, il medico può utilizzare la tecnologia per consultare diverse informazioni, quali visualizzazione di liste di controllo chirurgiche e visualizzazione dei segni vitali del paziente e tutto ciò potrebbe portare numerosi vantaggi. Infatti, l'utilizzo della realtà aumentata nella chirurgia consentirà un ridotto rischio di ritardi nella chirurgia dovuti alla mancanza di familiarità con condizioni nuove o vecchie, riduzione del rischio di errori nell'esecuzione di procedure chirurgiche e riduzione del rischio di contaminazione se il dispositivo consente ai chirurghi di accedere alle informazioni senza dover rimuovere i guanti (es. mani libere) per controllare strumenti e dati.
- Militare: per la navigazione avanzata, marcatura di oggetti in tempo reale.
- Arte / installazioni / arti visive / musica.
- Turismo: dati su destinazioni, navigazione e indicazioni stradali.
- Broadcasting: miglioramento degli eventi live e dello streaming degli eventi mediante la sovrapposizione di contenuti.
- Design industriale: per visualizzare, calcolare o modellare.

1.1.7 Additive manufacturing

La fabbricazione additiva è una nuova tecnica che permette la realizzazione di oggetti tridimensionali a partire da modelli virtuali. La sfida di questa nuova tecnologia è quella di sostituire le metodologie produttive tradizionali, quali fusione, rimozione, deformazione e asportazione del materiale.
Il prerequisito fondamentale per la fabbricazione additiva è lo sviluppo del modello matematico del pezzo tramite un sistema CAD tridimensionale. In seguito, il file viene convertito in formato STL. Utilizzando tale formato si passa da un modello 3D di tipo “solid” ad uno di tipo “shell”, in cui la superficie viene discretizzata mediante triangoli di diverse dimensioni, in modo tale da mantenere l’errore cordale costante. Il pezzo viene, poi, orientato e si prosegue con la generazione dei supporti. Si procede quindi all’operazione di “slicing”, attraverso cui il file STL viene suddiviso in sezioni; i dati di queste ultime verranno letti direttamente dalla macchina fabbricatrice; Infatti, attraverso la generazione di sezioni, il pezzo verrà costruito per deposizione di materiale strato su strato.

I principali **vantaggi** offerti dalla fabbricazione additiva sono:

- la quasi totale **libertà di forma** producibile. La deposizione di materiale strato dopo strato, infatti, permette di superare i vincoli di sottosquadro ed eventuali sbalzi vengono gestiti con la creazione di appositi supporti da rimuovere una volta terminata la stampa;
- la possibilità di stampare **componenti** e meccanismi **già assemblati**, fattore che comporta l'eliminazione dei costi di assemblaggio, una riduzione dell'intervento dell'operatore;
- la **riduzione** del numero di **componenti** dell'oggetto tramite un opportuno sistema di giochi e tolleranze per permettere la mobilità reciproca degli stessi;
- la **riduzione** del **costo di produzione**, grazie alla cancellazione delle linee produttive e alla quasi totale eliminazione degli scarti di produzione;
- la **riduzione** del **lead-time** produttivo. L'introduzione dell'additive manufacturing nel processo di progettazione diminuisce drasticamente i tempi che intercorrono tra progettazione e prototipazione;
- tempi e costi legati solo alle dimensioni e non alla complessità geometrica;
- **una sola macchina** per la produzione dell'oggetto;
- assenza di dispositivi di bloccaggio;
- design ergonomico;
- strutture leggere;
- **personalizzazione** dell'oggetto;
- lo sviluppo di prodotti di **qualità maggiore** per prestazioni e per possibilità di fabbricazione.

Nonostante i numerosi vantaggi, questa tecnica presenta ancora diversi **svantaggi** che ne limitano l'adozione:

- **volumi** di lavoro limitati;
- dimensioni dei pezzi limitate dalle dimensioni della macchina;
- **velocità** di costruzione limitate;
- ogni macchina può lavorare con un numero limitato di **materiali**;
- necessità di strutture di supporto da rimuovere successivamente;
- finitura superficiale scarsa;
- numero di materiali commerciali limitato;
- adatta più per la fabbricazione di **prototipi** o pre-serie;
- **costi** dei materiali elevati.

Questa tecnologia è stata oggetto di studio durante un progetto universitario a cui ho partecipato. In particolare, le tecniche di fabbricazione additiva sono molteplici e

quella utilizzata per il progetto svolto è stata la Fused Deposition Modeling, **FDM**. È stato progettato e poi realizzato un prototipo di elicottero attraverso la macchina di FDM presente in laboratorio. La macchina è formata da:

- due bobine che forniscono materiale per pezzo e supporti;
- una piattaforma mobile il cui movimento consente l'avanzamento dell'operazione;
- una testa di deposizione.

Il filamento plastico fornito dalle bobine passa attraverso l'ugello di estrusione che, portato ad alta temperatura, rende il materiale fluido e permette di gestire il flusso; il filamento è quindi depositato, strato dopo strato, nella forma desiderata sul piatto mobile di stampa. Per questo tipo di tecnologia di stampa è necessario aggiungere al modello delle strutture temporanee di sostegno verticali per sorreggere le parti sporgenti. I principali materiali che possono essere usati in questa tecnica sono: **ABS**, **PLA**, **Nylon**, **Ultem** e **Policarbonato**; nel nostro caso il materiale utilizzato è stato: F123 ABS per il modello e F123 QSR per i supporti, materiale quest'ultimo più fragile dell'ABS e solubile in una soluzione di acqua e soda caustica.

Data la difficoltà nell'analizzare e riprodurre nel dettaglio un velivolo reale si è scelto di affidarsi all'analogia con il modellino Lego Tecnic 42057, sfruttando la possibilità di smontarlo, studiarlo in tutte le sue parti e riprodurlo in ambiente CAD 3D ((Fig. 3), (Fig. 4), (Fig. 5)).

Figura 3: modello Lego Tecnic 42057

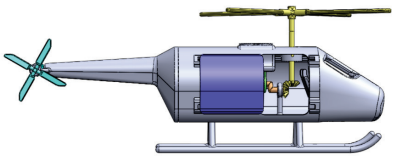

Figura 4: vista laterale del modello CAD 3D

Figura 5: vista laterale del modello reale

Per la modellazione è stato utilizzato il software Solidworks (versione 2017). Durante l'esecuzione del progetto, è stata fatta anche una stima dei costi per vedere quanto questa tecnica sia appetibile sul mercato ed è stato calcolato un costo complessivo di

circa 8601,84 €, dato dalla somma di due contributi: costo di produzione 201,84 € e costo di progettazione **8400 €.**
Nell'ipotesi di una produzione industriale di tale complessivo a scopo di vendita, sia il modello CAD, sia i parametri di processo sarebbero certamente modificati e altre possibilità di orientamento dei componenti nel volume di lavoro sarebbero valutate, al fine di migliorare il prodotto dal punto di vista sia estetico, sia funzionale. Non da ultimo, verrebbe anche valutata l'ipotesi di utilizzo di una macchina con uno strato depositato minimo inferiore, cosa che però renderebbe i tempi di produzione più lunghi e i costi più alti. Per tali ragioni, sarebbe altamente necessaria una ricerca del migliore compromesso tra qualità e costi. Osservando il costo totale del complessivo si può facilmente comprendere che esso renderebbe scarsamente competitivo il prodotto sul mercato. È importante notare, tuttavia, che il costo complessivo è largamente influenzato da quello totale di progettazione (CtotP), che incide per circa il 97% sul costo totale. Tale cifra, risulterebbe inferiore nel caso in cui la progettazione sia effettuata da un progettista esperto, capace di produrre il modello CAD in un tempo largamente inferiore. Non bisogna dimenticare, inoltre, che nel mondo industriale, raramente un prodotto viene progettato "da zero" e molto più spesso si tende a migliorare prodotti precedenti, abbattendo ulteriormente i tempi di progettazione.
Per concludere, si invita a tener presente che l'oggetto analizzato e realizzato si inserisce nel mercato dei giocattoli, che è dominato dalla produzione di massa. La Fabbricazione Additiva, per contro, è ancora lontana dal poter essere utilizzata per produzioni di larga scala.

1.1.8 Simulation (realtà virtuale)

La realtà virtuale è l'uso della modellazione e della simulazione per consentire a una persona di interagire con una rappresentazione visiva di un sistema reale o immaginario. Oggi nella fase di progettazione sono utilizzate simulazioni 3D di prodotti, materiali e processi di produzione, ma in futuro le simulazioni verranno utilizzate per intere operazioni di reparto generando numerosi benefici in diversi campi, quali ad esempio: architettura, progettazione assistita da computer e produzione, formazione, intrattenimento, interazione uomo-computer, scienza medica, proprietà immobiliari e formazione.
Nella produzione, la simulazione consente agli operatori di testare e ottimizzare le impostazioni della macchina per il prossimo prodotto in linea nel mondo virtuale prima del passaggio fisico, riducendo così sprechi di tempo per l'impostazione della macchina e aumentando la qualità.
Un esempio di applicazione della realtà virtuale nel mondo manifatturiero è il nuovo modulo di addestramento virtuale per operatori di impianto sviluppato da Siemens

per il software Cosmos. Con la creazione di un ambiente virtuale realistico 3D, i lavoratori possono imparare come operare in situazioni particolari, come in caso di pericolo o emergenza.

1.1.9 Internet of Things

Internet of Things o IoT indica un insieme di tecnologie che permette di collegare ad internet un qualsiasi dispositivo, oggetto. L'oggetto risulta tracciabile ed è possibile in tal modo raccogliere diverse informazioni che permettono azioni di controllo e di monitoraggio più efficienti.
Il termine ***IoT*** *("Internet of Things",* o letteralmente *"internet delle cose")* viene utilizzato la prima volta da Kevin Ashton, ricercatore presso il MIT, Massachussets Institute of Technology, ma si parla di questi concetti già da molto tempo, dalla nascita di internet e del web semantico (un web fatto di "cose", non di righe di codice: *"things, not strings"*).

> *"Oggi i computer e, di conseguenza, Internet sono quasi interamente dipendenti dagli esseri umani per ottenere informazioni. Quasi tutti i circa 50 petabyte di dati disponibili su Internet sono stati elaborati e creati da esseri umani, il problema è che le persone hanno limitati il tempo, l'attenzione e la precisione, tutto ciò significa che non sono molto bravi a "catturare" i dati riguardanti le cose del mondo reale. Questo è un grande problema. La nostra economia, la società e la sopravvivenza non si basano su idee o informazioni: sono basate sulle cose. Le idee e le informazioni sono importanti, ma le cose, gli oggetti, lo sono di più. Tuttavia, la tecnologia dell'informazione di oggi è così dipendente dai dati originati da persone, che i nostri computer si basano più sulle idee, che sulle cose. Se avessimo computer in grado di raccogliere informazioni senza alcun aiuto da parte nostra saremmo in grado di monitorare e contare ogni cosa con una notevole riduzione di sprechi, perdite e quindi costi."* (Ashton, 2009)

Attraverso questa nuova tecnologia, **l'oggetto interagisce con il mondo circostante**, in quanto è dotato di "intelligenza", ovvero reperisce e trasferisce informazioni tra rete internet e mondo reale.
In questo modo può essere data una "identità elettronica" a tutto ciò che forma il mondo che ci circonda, attraverso, ad esempio, Rfid (Identificazione a radio frequenza), standard trovato proprio al MIT di Boston ed altre tecnologie (come il più noto il QR code).

IoT genera una rete di oggetti fisici, sistemi, piattaforme e applicazioni che incorporano tecnologie, rendendoli in grado di comunicare e condividere informazioni l'una con l'altra, con l'ambiente esterno e con le persone.
I principali ambiti di applicazione dell'Internet of Things sono:

- *Smart home*, *domotica*, come ad esempio poter regolare la temperatura della casa a distanza oppure installare sensori di rilevamento per le persone in casa.
- *Smart building*, *building automation*, riferito soprattutto al mercato B2B (business to business) e volto alla realizzazione di edifici sempre più all'avanguardia.
- *Smart city*, si riferiscono a strategie di pianificazione urbanistica che migliorano la qualità di vita in città come la creazione di semafori intelligenti che diventano verdi quando non passano macchine dal senso opposto oppure sistemi innovativi per la gestione e smaltimento dei rifiuti, per la sostenibilità, l'energia ed i trasporti.
- *Smart mobility*, il tema della mobilità è fondamentale per determinare la qualità della vita, per cui non può esistere Smart City senza Smart Mobility.
- Industria automobilistica, automotive, self driving car, auto in continua comunicazione con il mondo esterno, permettendo una guida più semplice e sicura.
- *Smart health*, *sanità*, *mondo biomedicale*, basti pensare alla confezione di un farmaco che ci può avvertire se non lo stiamo assumendo come stabilito e ci può dire come ovviare e a una eventuale dimenticanza.
- Tutti gli ambiti della *sorveglianza* e della *sicurezza.*
- Nuove forme di *digital payment* tramite oggetti.
- *Smart agrifood*, *precision farming*; settore quest'ultimo ancora poco digitalizzato oggi, ma con elevata opportunità di sviluppo, ad esempio introducendo sensori meteo, apparati sempre più automatizzati per la gestione dell'irrigazione, dei fertilizzanti e concimi, tutte soluzioni che se implementate puntano anche a migliorare il rapporto legato a cibo e sostenibilità.
- *Zootecnia, wearable* per animali.

Gartner traccia il futuro della Internet of Things, in particolare prevede una crescita esponenziale degli oggetti connessi, passando da **4,9 miliardi** di oggetti nel **2015** a **25 miliardi** nel **2020.** L'IoT avrà un impatto in tutte le aree della società e il settore in cui si investirà maggiormente sarà quello salute e fitness, per il quale si prevede una spesa di 37 miliardi di dollari nel 2020. A seguire i device per la sicurezza della casa, i device per regolare i consumi energetici, l'automazione domestica e l'infotainment per le automobili con una spesa totale prevista di circa 64 miliardi di dollari nel 2020.

1.2 Il Quality 4.0

La qualità 4.0 combina le nuove tecnologie con i metodi tradizionali di qualità per raggiungere nuovi ottimismi in termini di eccellenza operativa, prestazioni e innovazione. Le nuove tecnologie nate con l'Industry 4.0, trattate precedentemente, fanno da driver per il miglioramento della qualità e del monitoraggio.
Le emergenti tecnologie non sono specifiche per la qualità e, nonostante molte aziende stiano iniziando ad inserirle, implementarle e conoscerle, il team di qualità potrebbe non sapere che ben il 23% di queste iniziative è incentrato sul miglioramento della qualità, in quanto grande parte dei team non possiede una chiara comprensione delle tecnologie di Industry 4.0, della loro applicazione e della loro importanza.
Il successo con Quality 4.0 richiede una solida base di qualità tradizionale. La qualità 4.0 non sostituisce i metodi tradizionali di qualità, ma piuttosto li migliora e la vera trasformazione avviene nella cultura della qualità. I team di qualità devono assumere un ruolo attivo di leadership verso queste iniziative per risolvere quei problemi dovuti ad esempio all'inefficienza causata da sistemi frammentati, a calcoli di metriche manuali, ai team di qualità che eseguono in modo indipendente il controllo qualità con proprietà cross-funzionali minime e ad una comunicazione con il fornitore inefficace.

Sono stati identificati 11 assi su cui fare leva per consentire una trasformazione verso la qualità 4.0. Le aziende basandosi su questa struttura ad 11 assi dovrebbero interpretare il loro stato attuale e identificare quali cambiamenti sono necessari per passare allo stato futuro. Gli undici assi sono:

- Data
- Analytics
- Connectivity
- Collaboration
- App development
- Scalability
- Managment System
- Compliance
- Culture
- Leadership
- Competence

1.2.1 Data

Le decisioni basate sui dati sono state al centro dei miglioramenti della qualità per decenni. Molti standard recentemente aggiornati sottolineano nuovamente l'importanza del processo decisionale basato sull'evidenza empirica. Parte del mercato continua a padroneggiare i dati tradizionali, mentre aziende più mature stanno ormai sfruttando i big data. Come già detto, lo sfruttamento di questi ultimi genera benefici in termini di volumi, varietà, trasparenza, verità e velocità, contribuendo, quindi, alla creazione del quality 4.0.

1.2.2 Analytics

L'analisi dei dati estrae tutte le informazioni concatenate e contenute nei dati. Attraverso ciò è più facile trovare una soluzione ai problemi e lo si fa attraverso un processo di quattro fasi (Fig. 6):

a) Descriptive: utilizza metriche tradizionali per studiare il problema verificato.
b) Diagnostic: si cerca di capire il perché si è verificato quel determinato problem studiando ad esempio il ciclo del processo di qualità, i tempi per identificare i colli di bottiglia.
c) Predictive: fase in cui si studiano le diverse procedure correttive da poter scegliere.
d) Prescriptive: indica le azioni da intraprendere per risolvere il problema a valle delle fasi precedenti. Attualmente è quest'ultima fase quella più automatizzata e supportata dall'intelligenza artificiale.

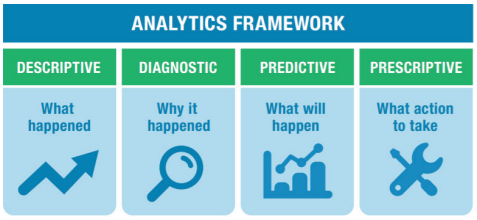

Figura 6: Analisi dei dati

Fonte: https://subscription.packtpub.com/book/application_development/9781787282759/5/05lvl1sec31/assessing-the-analytics-applications

1.2.3 Connectivity

La connettività tra la tecnologia dell'informazione (IT) e la tecnologia operativa (OT) può garantire un miglioramento della qualità aziendale. Infatti, la gestione della qualità appartiene al dominio IT (sistema di gestione della qualità aziendale (EQMS): pianificazione delle risorse aziendali (ERP) e gestione del ciclo di vita del prodotto (PLM)), mentre l'esecuzione della qualità è nel dominio OT (tecnologia utilizzata in laboratorio, nella produzione) ed un giusto ponte tra i due dovrebbe garantire un lavoro congiunto tra dati, processi e persone. Industry 4.0 trasforma la connettività in modo da poter recepire feedback in tempo reale da persone, prodotti e dispositivi, processi anche distanti tra loro. Ad esempio, i prodotti connessi possono fornire feedback sulle loro prestazioni lungo tutto il loro ciclo di vita e quindi permettono di capire subito se si è verificato un problema, un mancato funzionamento.

1.2.4 Collaboration

La collaborazione è fondamentale per la gestione della qualità, dal momento che la qualità è di natura cross-funzionale e globale. La collaborazione tra le aziende ed i clienti è cambiata radicalmente negli ultimi anni. I social media hanno abilitato il pubblico a incidere direttamente sulla qualità rendendo i problemi più facili da riscontrare. I produttori hanno iniziato a sfruttare l'ascolto sociale per proteggere i marchi e apprendere nuove conoscenze, contribuendo ad alimentare l'innovazione.

1.2.5 App Development

Lo sviluppo di app è qualcosa a cui tutti possono relazionarsi, ci sono app per tutto. Le app sono i meccanismi attraverso i quali le aziende soddisfano i processi, raccolgono ed espongono i dati, visualizzano analisi e stabiliscono diverse collaborazioni. Appena il software è diventato più potente, la tendenza è stata quella di sviluppare applicazioni basate su ruoli specifici. I fornitori di tecnologia forniscono sempre più app native scaricabili su Android, iOS e su altre piattaforme, per fornire un'esperienza di qualità superiore che funzioni sugli smartphone. Le piattaforme di app mobili ampliano ulteriormente questo aspetto, consentendo alle aziende di creare, aggiornare e pubblicare sempre più applicazioni.
La mobilità offre maggiore accessibilità, partecipazione, adozione ed efficienza e spesso l'idea di app mobili viene collegata solo con smartphone e altri dispositivi mobili, mentre le aziende possono scrivere app anche per una vasta gamma di hardware. Le app possono essere molto più di una semplice interfaccia utente basata sul Web (UI): svolgono un ruolo importante, in quanto man mano che avanzano in termini di prestazioni per il cliente, diventano sempre più potenti fattori abilitanti di collaborazione, competenza ed efficienza.

1.2.6 Scalability

La scalabilità è la capacità di supportare il volume di dati, gli utenti, i dispositivi e l'analisi su scala globale. Senza scala globale, la qualità tradizionale e la qualità 4.0 sono molto meno efficaci, incapaci di armonizzare processi, best practice, competenze e lezioni apprese a livello aziendale. Il 37% delle aziende lotta con fonti e sistemi di dati frammentati come una sfida principale nel raggiungimento degli obiettivi di qualità. Il cloud computing è fondamentale per raggiungere la scalabilità.

1.2.7 Management system

L'**EQMS** (Enterprice Quality Management Software) è il fulcro delle attività di gestione della qualità, fornendo una soluzione scalabile per automatizzare i flussi di lavoro, connettere processi di qualità, migliorare la veridicità dei dati, fornire analisi centralizzate, assicurare la conformità e favorire la collaborazione all'interno di un app comune. Rappresenta un hub, perché la qualità tocca ogni parte della catena del valore e come essa viene gestita.
Il mercato ha fatto progressi nell'adozione del EQMS, ma molte aziende sono ancora in ritardo e tra quelle che lo hanno adottato, spesso non lo hanno fatto in modo integrato. In effetti, solo il 21% del mercato ha adottato l'EQMS e di questi il 41% l'ha adottato con un approccio non integrato. Le aziende ritardano l'adozione della tecnologia di qualità a causa di processi di base frammentati, mentre la consistenza dei processi è fondamentale per migliorare i risultati e le competenze globali.
I produttori dovrebbero armonizzare i processi, automatizzare questi processi con il software, collegare i processi automatizzati ad altri sistemi ed operazioni e sfruttare l'analisi per migliorare continuamente l'autonomia del sistema.

1.2.8 Compliance

Le attività di conformità includono la conformità alle normative, all'industria, alle specifiche del cliente e ad i requisiti interni. La conformità è importante per i team di qualità in tutti i settori; infatti la qualità deve assumere un ruolo guida nel garantire che processi, prodotti e servizi siano conformi ai requisiti. La tecnologia di oggi svolge un ruolo fondamentale nella gestione della conformità, infatti i produttori dovrebbero rivalutare la loro strategia di conformità e valutare tutte le possibili opportunità di miglioramento che potrebbero avere attraverso la nuova tecnologia. IT integrato /Modelli di dati OT e o tecnologie di collaborazione come blockchain possono fornire un approccio basato sui dati che automatizzi la capacità di controllo. I fornitori di tecnologia dispongono di strumenti per automatizzare la validazione dei processi e prodotti riducendo lo sforzo richiesto per eseguire questa attività in maniera non auto-

matizzata. Ne consegue che automatizzando, la conformità, il tasso di errori di prodotti o processi non conformi diminuisce e questo risulta essere un grande beneficio del quality 4.0.
È fondamentale la conformità alle normative, ovvero esse devono procedere sempre di pari passo con la tecnologia per non frenare quest'ultima e di conseguenza la qualità.

1.2.9 Culture

Molte aziende adottano "**una cultura della qualità**" che presenta quattro elementi chiave: la partecipazione al processo, la responsabilità, la credibilità e l'empowerment. Tradizionalmente, le aziende definiscono gli obiettivi per la partecipazione ai processi interfunzionali, la responsabilità funzionale trasversale per la qualità, la credibilità per la qualità e il suo lavoro attraverso le funzioni e l'empowerment interfunzionale. Empowerment è la competenza per eseguire la qualità.
Questo è abbastanza difficile da realizzare nelle impostazioni tradizionali, in parte per le fonti di dati e processi frammentati. Solo il 13% dei team cross-funzionale comprendono chiaramente come la qualità contribuisca ad avere una strategia di successo. La qualità 4.0 permette di raggiungere più facilmente una cultura della qualità attraverso una migliore connettività, visibilità, approfondimenti e collaborazione.

1.2.10 Leadership

La funzione qualità se svolta bene da una buona immagine e credibilità dell'organizzazione al mondo esterno.
Il miglioramento della qualità è chiaramente interessante per molti, proprio perché è un valore aziendale, ma spesso resta un processo marginale, non chiaramente collegato alle altre funzioni aziendali. Questo divario è dovuto anche ai differenti obiettivi delle diverse funzioni e del top management. Il team di qualità deve riallineare i suoi obiettivi con quelli strategici, in modo da dare priorità alle attività che hanno bisogno di maggiore attenzione. Un'organizzazione con obiettivi e iniziative legate alla compliance darà la priorità alle pratiche legate alla compliance, mentre un'organizzazione con iniziative di performance darà la priorità alle pratiche legate alla performance. I leader della qualità dovrebbero guidare la qualità in tutta l'organizzazione ed il top management ed i dirigenti dovrebbero dare sempre più maggiore importanza a questa attività. I **KPI**[2] svolgono un ruolo importante in questo sforzo, in quanto permettono di capire se l'azienda sta andando verso la giusta direzione per installare un processo sempre più efficiente di qualità. In molti modi, si tratta di un cambiamento po-

[2] Key Performance Indicators: indici utilizzati per monitorare le performance aziendali

sitivo che la leadership di qualità dovrebbe sostenere, rafforzare, per migliorare i risultati aziendali affinché non solo l'azienda ne possa beneficiare internamente ma possa migliorare anche l'immagine di essa al di fuori attraverso ad esempio dei rating di qualità che vengono assegnati alle aziende da enti esterni.

1.2.11 Competence

La competenza è la capacità di un individuo di portare a termine un compito in modo efficace e efficiente. Le organizzazioni hanno lottato per migliorare le competenze del personale e di scalare conoscenze specialistiche. Le organizzazioni meno mature si affidano agli individui per condividere la conoscenza tra di loro. Molti hanno adottato approcci strutturati, tra cui Learning Management Systems per formare le competenze, valutare le competenze attraverso la certificazione e il Training Management. I leader di qualità che cercano di migliorare la qualità tradizionale possono utilizzare diversi tipi di approcci alla qualità 4.0:

- Sfruttare i social media per condividere esperienze e lezioni apprese in gruppi interni o addirittura nell'industria.
- Sviluppare nuove competenze per migliorare le competenze dei lavoratori attraverso gli insegnamenti di ML/AI.
- Implementare sistemi e fornire esperienze di VR per migliorare l'erogazione della formazione.

I lavoratori e le loro competenze sono fondamentali per il successo del business.
Anche se la competenza può non essere al primo posto nelle iniziative di Quality 4.0, potrebbe dare il miglioramento più potente derivante alla Qualità 4.0.

1.3 Come l'Italia sta procedendo verso il Quality 4.0

Guardando il mercato italiano in merito al Quality 4.0 per Industry 4.0, alcune aziende italiane stanno procedendo verso la direzione giusta. Questo è ciò che emerso dalla "Campagna Nazionale Qualità 2017"[3] promossa dal gruppo Galgano in collaborazione con altre aziende quali, Ansaldo Energia, Enel, Tim, ABB e Rina. Infatti, le aziende hanno illustrato e spiegato le loro iniziative attuate verso il quality 4.0.

Per Mariacristina Galgano, amministratore delegato del Gruppo Galgano: "La chiave del successo per migliorare la Qualità dei processi e dei prodotti è il coinvolgimento del personale", e ha introdotto il tema del convegno con la metafora de "Il Gigante e la Spada": "L'Industry 4.0 è come una spada, formidabile strumento, ma senza una

[3] https://www.magazinequalita.it/gruppo-galgano-quality-40-industry-40/

struttura robusta e allenata a maneggiarla – il Gigante, appunto, che richiama metaforicamente la Quality 4.0, si rischia che la tecnologia prevalga sulla struttura, senza generare i benefici attesi rispetto agli investimenti". Le tecnologie che questo approccio mette a disposizione sono davvero potenti. Le persone devono essere abili e capaci di maneggiare tali tecnologie con maestria. Il grado di innovazione di un'impresa si misura dallo sviluppo delle persone, che devono essere preparate all'utilizzo delle nuove tecnologie, sia tecnicamente che attitudinalmente, in modo che ne comprendano i benefici e creando così una cultura aperta al cambiamento incessante. Gli investimenti in tecnologia, altrimenti, sono fini a sé stessi". Galgano aggiunge: "La vera sfida è, appunto, quella di operare processi sensibili al tema qualità attraverso persone di qualità che sappiano gestire, presidiare e usare al meglio la tecnologia disponibile. Infatti, se le loro competenze non crescono, i dati forniti non trovano una popolazione in grado di recepirli".
È emerso che il valore delle persone è uno dei temi distintivi per raggiungere il quality 4.0.

Per Luca Manuelli, CDO di Ansaldo Energia, l'industry 4.0 è la prima rivoluzione ad essere raccontata nel momento in cui sta avvenendo. Anche per Ansaldo il capitale umano è fondamentale per il raggiungimento della qualità, ma si deve valutare un trade-off tra tecnologia e ridimensionamento del ruolo del personale: "Con l'industry 4.0 i processi manifatturieri restano al centro ma poiché ora la tecnologia pervade tutta la catena del valore, già nella fase di design del prodotto occorre stabilire obiettivi di qualità (Preventive quality management). In aggiunta a ciò, bisogna porre attenzione anche a valle: la qualità è legata al servizio, non finisce più con la delivery. Cruciale è valutare le esigenze del cliente che nascono dall'uso diretto del prodotto. La qualità non è più quindi terreno esclusivo della funzione qualità. La qualità è un valore fondamentale dell'intera azienda. La governance e la cultura della qualità vanno diffuse" (Luca Manuelli, 2017).
Ansaldo ha portato la tecnologia a supporto della sicurezza sul lavoro, ha sviluppato smart factory dove grazie all'analisi dei big data ha potuto aumentare la qualità percepita. Altre applicazioni tecnologiche sono state: il Remote Commissioning per gestire in contemporanea più contratti, il Predictive Maintenance per anticipare guasti e failures migliorando il servizio al cliente, l'Immersive Virtual Reality con scopo di fare training al tecnico prima dei suoi interventi di manutenzione, i Robot che completano l'attività umana operando in situazioni non accessibili all'uomo e la stampa 3D. Inoltre, sono stati avviati due particolari progetti:

- Lighthouse Plant per sperimentare il 4.0 in 8 macro-aree applicative ai fini di: migliorare la qualità, ridurre il time to market, ridurre i costi della non qualità e migliorare la sicurezza.

- Digital X Factory che ha visto 160 persone interessate, 100 proposte e 2 start up vincenti (Smart Track GE e Sentetic) per creare piattaforme Internet of things sulla qualità.

Lo stesso vale per Enel, che sviluppa due canali di innovazione: focus su cliente e digitalizzazione, che sono strumenti e mezzi per migliorare la qualità di prodotti e servizi. Anche per Enel, le persone restano la chiave all'interno del processo e se il singolo operatore non riceve vantaggio dall'uso della tecnologia digitale, egli non la arricchirà con il suo lavoro.
Le tecnologie a supporto delle persone usate in Enel sono diverse: piattaforme, cloud e cyber security. "Grazie alle tecnologie di oggi possiamo raccogliere tutte le informazioni in un unico database per avere un processo di analisi dei dati, snello ed efficace", racconta Stefano Sigali di Enel innovazione, illustrando **DGPLANT**, il progetto Enel di digitalizzazione degli impianti tecno elettrici che ottimizza le operations e le performance. Ora come ora la digitalizzazione viene vista come elemento positivo. "Bisogna vedere cosa rimane dopo questa prima fase per capire se sarà in grado di portare benefici. Quello che possiamo fare è sviluppare rapidamente, testare progetti pilota, migliorare e diffondere l'applicazione in modo esteso. Ciò che Enel sta facendo è partire dalla tecnologia per creare un processo end-to-end di cui la digitalizzazione sia il filo conduttore, integrando le informazioni derivanti da tutte le sorgenti per migliorare la qualità aziendale. Persone, processi, tecnologia: la raccolta delle informazioni è fondamentale nel 4.0. Il monitoraggio è alla base della qualità" ha concluso Sigali. In questo contesto nasce in Enel la figura del **digital worker**, un operatore che ottiene direttamente le informazioni necessarie sul campo, con possibilità di alimentare il sistema con la propria esperienza e i propri input.

Marco Sanguineti, responsabile Global Technology and Innovation Power Generation and Water di ABB, è così intervenuto: "La digitalizzazione può essere il tessuto neurale di un impianto: permette di connettere apparati, persone e processi. La digitalizzazione deve essere presente a tutti i livelli per migliorare la creazione di valore per il cliente: dobbiamo passare dal considerarla parte di operazioni isolate a operazioni interconnesse che vanno verso operazioni autonome".
Attraverso l'Intelligenza Artificiale, ABB punta ad ottimizzare processi passati e noti e a creare cose che prima non erano possibili.
ABB, inoltre, sfrutta le **collaborative operations** fondamentali e proprie di un approccio worldwide; infatti con le sue unità diffuse in tutto il mondo, il flusso dei processi dura 24h: parte in Giappone, a cascata si sposta in Europa e poi in America, per concludersi il giorno successivo. Questo porta ad attività parallelizzate, più veloci, con verifica immediata degli step precedenti e pertanto il tempo tra identificazione del problema e risoluzione è notevolmente compresso.

Sanguineti spiega come si applica il Quality 4.0 all'Industry 4.0: "La qualità è come la tecnologia riesce a migliorare la cultura, la collaborazione, le competenze, la leadership. Questi sono quattro qualificatori umani, non di prodotto, non di processo. L'uomo resta sempre elemento centrale. Va poi sottolineato come l'estrema connessione ci porti a un'amplificazione delle informazioni: se il mio impianto ha un problema a causa di un certo materiale, il fornitore di tale materiale verrà quasi sicuramente colpito da **bad reputation**, maggiormente ampliata rispetto al passato".
Da ciò si può notare come ABB stia procedendo correttamente nell'implementazione del quality 4.0.

Michele Palermo, VP strategic positioning di TIM ha portato l'esperienza di Tim nel campo della Digital Transformation nell'Industry 4.0. "La riflessione sulla Digital Transformation parte dalla customer experience", ha dichiarato Palermo. Tim, a tal proposito, utilizza i big data per analisi e per migliorare la customer experience, punta a creare sempre maggior valore per i suoi clienti attraverso la sua filosofia: do what you sell and sell what you do. Palermo spiega come la digitalizzazione ha avuto un grande impatto in Tim: "internet è accessibile a tutti, il 90% dei processi è in digitale (cedolini, comunicazione malattia, gestione asset, formazione tramite e-learning …). Stiamo puntando al paperless e alla predictive maintenance che ha l'obiettivo di prevedere un allarme grave con almeno 2 ore di anticipo, ottimizzare i tempi di manutenzione, i costi operativi e gli interventi, riducendo concretamente il tempo di fermo cella totale nella rete, aumentandone la qualità. Abbiamo poi sviluppato lo Smart Factory 4.0, dispositivo che si attacca ai macchinari e raccoglie dati, inviandoli ad un elaboratore. I dati devono essere elaborati in modo da facilitare le decisioni dell'utente, essendo fruibili, utili e pratici".

Barbara Poli, responsabile marketing, organizzazione e IT di Rina Services ha illustrato alcuni dati statistici: "Nel 2022, l'80% delle aziende avrà una catena del valore digitalizzata in toto; nel 2025, il mercato dell'intelligenza artificiale aumenterà di 57 volte; solo il 5% delle attività verrà sostituito dalle macchine mentre le persone aumenteranno e lavoreranno meglio e quindi le norme non possono essere dei rallentatori".
Anche per Rina Services l'adozione del 4.0 comporta numerosi benefici in termini di minori costi, minori tempi, maggior uso di asset e maggior qualità, al contrario chi non dovesse aderire a tale approccio affronta il 30% in più di costi. Affinché si abbiano questi benefici attraverso la digitalizzazione, anche per Poli, il concetto di qualità diventa cruciale: "bisogna passare dal fare qualità ad essere qualità e per farlo bisogna partire dalla voce del cliente. La qualità non arriva fino alla consegna, ma va oltre, fino al post-sales. La qualità percepita è un indicatore importante".

Il gruppo Rina sta affrontando questa rivoluzione digitale attraverso diverse azioni fondamentali: la cyber essential (capacità di resistere ad attacchi informatici); la certificazione ANSI TIA 942, che permette di valutare la business continuity, l'additive manufacturing e il virtual augmented training. Grande importanza in questo cambiamento lo avranno le competenze delle risorse umane le quali insieme alle informazioni, attraverso l'utilizzo di tecnologie digitali per favorire modelli di scambio e collaborazione, verranno immediatamente condivise.

Dal Convegno di Genova è emerso come grandi realtà aziendali italiane stiano procedendo nell'attuare il quality 4.0 e ne evince che, in accordo con quanto già detto, la chiave per raggiungere i benefici del quality 4.0 siano le risorse umane. La digitalizzazione dei processi, attraversando tutta la catena del valore dal fornitore al cliente, permette l'acquisizione di una grande mole di dati in tempo reale facilitando l'analisi, il monitoraggio e quindi la creazione di maggior valore per il cliente, inoltre, permette riduzione dei costi, dei costi di non qualità, del time to market, ma affinchè avvenga tutto ciò le risorse umane devono saper accogliere ed utilizzare la tecnologia, quest'ultima sempre in continua evoluzione. Pertanto, cliente e fornitore devono essere considerati come punti cruciali della catena, il valore e la qualità sono presenti a partire da monte fino ad arrivare a valle. Con l'Industry 4.0 si passa quindi dal design di prodotto al design di fabbrica. Tre sono invece gli elementi nuovi da affrontare: vertical integration, horizontal integration, end-to-end engineering (virtualizzazione di elementi reali fisici in componenti virtuali e informatiche). Nella fabbrica 3.0 l'oggetto fisico era disgiunto dal suo valore digitale, mentre nella fabbrica 4.0 l'aggiornamento diventa in real time. Addirittura, si può partire dal progetto virtuale per poi ribaltarlo sul mondo fisico. Non solo le risorse devono saper accogliere la digitalizzazione, ma anche la compliance, infatti servono normative a supporto dell'evoluzione che stiamo vivendo proprio perché la tecnologia si muove molto più velocemente delle norme.

Capitolo Secondo

2. La creazione di Valore

2.1 Ecosistema Aziendale

Nel 1935 Arthur Tansley propose il termine ecosistema, basato sulla teoria generale dei sistemi e sulle successive osservazioni di Gregory Bateson[4], per definire un modello in cui tutti gli elementi che lo compongono non sono stati studiati e profilati come in sé stessi, ma in relazione gli uni agli altri, siano essi elementi biologici, fisico-chimici, climatici, meteorologici e geologici. Da allora, un ecosistema può essere definito come un sistema complesso in cui l'elemento biologico e zoologico, animale e vegetale, è visto come un insieme di comportamenti, emissioni, azioni e reazioni determinate dagli effetti e dalla loro combinazione relazionale. Oggi, il modello dell'ecosistema è applicato anche a livello di sistemi creati dall'uomo, come le organizzazioni o le tecnologie. Quando si definisce l'azienda, non è più solo un luogo dove si lavora e si coordinano azioni interne ed esterne per realizzare un profitto, ma un vero e proprio ecosistema. È stata consolidata la consapevolezza che l'efficacia del risultato produttivo dipende non solo dalle risorse e dagli investimenti, ma soprattutto dalla qualità delle relazioni, dalla logica e dalla coerenza con cui le risorse vengono utilizzate e da come avviene la comunicazione tra le diverse parti per creare un feedback naturale e sostenibile. Intelligenza emotiva, ecologia della mente, eco-psicologia e comfort sono termini sempre più presenti nel glossario aziendale, sia in termini di relazioni interne che esterne. Il prodotto finale e il business sono legati ai valori dell'azienda e quanto più questi valori sono trasparenti, tanto più l'osmosi si verifica tra settori interni o esterni, ad esempio tra l'azienda e i suoi clienti. La reputazione aziendale non è solo un valore astratto, ma anche una risorsa, un valore aggiunto per migliorare le relazioni di lavoro, la percezione del marchio e il posizionamento del prodotto. Un articolo su SocialMediaToday dal titolo "It's not a business but an ecosystem" offre alcuni consigli su come costruire un sistema, a partire dall'azienda, che si concentra su valori reali e non solo su astrazioni, anche se fondamentali, come il profitto. L'azienda dovrebbe perseguire una strategia incentrata sulla costruzione di una comunità di cooperazione tra clienti, fornitori, partner e concorrenti. Dovrebbe diventare un sistema aperto e quindi ecologico e partecipare alla pubblicazione di concetti, idee e metodi in tutte le dimensioni, forme e formati. Essere in un ecosistema

[4] http://www.treccani.it/enciclopedia/gregory-bateson/

significa anche perseguire il proprio interesse per la natura a lungo termine della specie e non solo nell'esercizio finanziario e quindi produrre con sostenibilità e intelligenza ecologica. Diventa importante per un'azienda far capire ai propri clienti che i prodotti non devono diventare immediatamente rifiuti, ma che il loro ciclo di vita è supportato da servizi che li arricchiscono e consentono loro di avere un ciclo di vita in linea con l'intero ecosistema.

Un marchio in grado di sviluppare e raccontare storie comuni aziona quel meccanismo che genera valore d'impresa e lo mantiene nel tempo. I poli comunitari nello spazio sociale sono i luoghi in cui si sviluppa questa dinamica. Dopo tutto, il comfort per l'azienda e tutto ciò che la circonda deve diventare la cura armoniosa della sua nicchia ecologica, l'anello di una catena essenziale.

Se superassimo il dualismo mente – corpo e lo rifiutassimo come eticamente proficuo, socialmente individuale, essendo il corpo bellezza, necessità, desideri, potremmo arrivare all'armonizzazione e alla liberazione di molte risorse che ristagnano o si manifestano in modi diversi, e potremmo anche arrivarci rapidamente, credo, in tempi in cui l'azienda ha maturato quelle esistenze che richiedono cambiamenti paradigmatici e non solo adattamenti e distorsioni.

Il web è un luogo dove si può sperimentare il cambiamento, dove un'azienda può avere una valutazione circa i propri valori aziendali. Efficaci, veloci ed economici, utili per le aziende che vogliono sperimentare questi metodi e in particolare capire quali valori aziendali sono percepiti nel loro ecosistema, i social media sono lo strumento più flessibile e creativo per questo scopo. In una fase di organizzazione interna, l'azienda continua ad inventariare le risorse interne in grado di formare punti di riferimento e parole chiave per la costruzione della strategia complessiva; in questa fase, i dipendenti dell'azienda vengono valutati in una prospettiva non convenzionale, non solo dai ruoli aziendali, ma anche dalle relazioni che l'individuo mantiene all'interno e all'esterno dell'azienda, scoprendo spesso aree e competenze mai evidenziate prima. Il Community Manager è la figura professionale e il catalizzatore su cui si basa il lavoro di creazione di relazioni interne. In una fase successiva, la conoscenza dell'ecosistema e della sua modellazione può aprirsi al mondo esterno, con lo stesso approccio in cui si alimentano le relazioni umane, le caratteristiche delle relazioni individuali che possono variare da territorio a territorio. La dualità mente-corporea dell'impresa viene superata quando le aziende, basate su gerarchie, abilità e conoscenze, cambiano prospettiva e si basano e condividono relazioni. L'armonizzazione aziendale crea aree di apertura mentale che motivano le persone, rendono il lavoro proficuo e superano il clima aziendale critico e le difficili relazioni tra management e

business. Un'azienda che conosce il proprio ecosistema gestisce meglio i propri settori, dall'amministrazione alla distribuzione, dalla produzione alla logistica e al customer care. La comunicazione interna all'azienda sarà coerente con la comunicazione esterna e questo è il presupposto per aumentare la reputazione senza fasi critiche. L'azienda che impara ad utilizzare le piattaforme utilizzate quotidianamente dai propri clienti, come Facebook e i blog, è un organismo che si conosce meglio anche grazie a ciò che proviene dall'esterno. Questo è l'ecosistema aziendale.

2.2 La creazione di valore nella produzione manifatturiera: la nascita del Lean Management

Durante il secolo scorso il sistema produttivo fordista domina i modelli organizzativi dell'industria mondiale. Periodo in cui nella produzione, a parità di risorse impiegate, l'unico obiettivo era quello di sfruttare le economie di scala abbattendo i costi. Si assiste quindi ad una forte compressione dell'intelligenza attiva dell'operatore che esegue sempre le stesse mansioni operando su quantità elevate di merce accumulate poi in magazzini. Questo sistema andò bene finché la domanda dei consumatori restasse più o meno costante; con la crisi petrolifera degli anni '70 e la domanda di mercato variabile il sistema crollò cedendo il posto ad un nuovo modello organizzativo: il ***Toyota Production System***. Con questo nuovo modello, il ciclo produttivo parte dai bisogni del cliente, l'operaio partecipa attivamente al processo garantendo il giusto funzionamento, segnalando i difetti riscontrati in tempo reale. In questo mondo la fabbrica incomincia ad essere integrata. Il knowhow dell'operaio, le sue competenze diventano chiave e di valore per far fronte ai mutamenti sempre più rapidi della domanda, facendo, ciò, crescere la sua motivazione, percepire la sua importanza all'interno del processo, distogliendosi dal compiere funzioni sempre ripetitive.

Con il trattato di San Francisco del 1951 si sancisce la fine dell'occupazione americana in Giappone. Il Giappone ormai indipendente si avvia ad essere una delle più grandi potenze mondiali ma ovviamente la crisi petrolifera colpì anche questo stato comportando una conseguente diminuzione della crescita produttiva. Per il Giappone però questa crisi fu motivo di spunto per sviluppare un nuovo modello produttivo che ben presto divenne quello a cui tendere per tutta l'industria mondiale.

"È stata la crisi petrolifera ad aprirci gli occhi" (Ohno, 1988)

Unito allo spirito risparmiatore e razionalista del popolo giapponese, nacque la consapevolezza che l'imitazione del modello americano della produzione di massa non poteva più funzionare. Tutto ciò fu il punto di partenza per alcuni manager di creare un nuovo modello organizzativo. In questo scenario Taiichi Ohno, Sakichi e Kiichiro

Toyoda elaborano le basi di quello che verrà definito "il miracolo Toyota", che aveva come obiettivo quello di raggiungere l'America in soli tre anni. Per mezzo di ciò la Toyota Motor Company diventa il punto focale della rinascita Giapponese:

> *"All'inizio degli anni Ottanta, coi i suoi 3 milioni e mezzo di veicoli gettati sul mercato – realizzati con un numero di dipendenti di quasi 10 volte inferiore a quello delle sue più dirette concorrenti occidentali – La Toyota si installava saldamente al secondo posto nella classifica dei produttori mondiali"* (Revelli, 1993).

Ohno riesce a far ciò eliminando gli sprechi e i sovraccarichi attraverso l'attuazione del principio orientale del **Kaizen**, del miglioramento continuo, sfruttando principalmente lo strumento del **Just In Time** (illustrato nel paragrafo 2.2.2). È in questo periodo che mentre il Giappone continua a crescere, la politica fordista americana porta ad un accumulo esorbitante di materiale invenduto, che, come un buco nero, inizia a risucchiare l'intera economia statunitense.

Come già detto, ben presto le diverse realtà produttive cercarono di emulare quella nipponica, ovviamente adattando il sistema TPS (Toyota Production System) al proprio contesto sociale e politico in cui operano. Hajime Yamashina, accademico giapponese, studioso di varie realtà produttive occidentali, modifica il metodo Toyota per adattarlo alle diverse tipologie di cliente. Dalle sue idee nel 1986 Richard Schonberger crea un nuovo modello organizzativo: **WCM**, World Class Manufacturing.
I pilastri del WCM da seguire per raggiungere benefici di mercato sono:

- Safety: per monitorare gli incidenti in modo da eliminarli o almeno renderli meno dannosi.
- Cost Deployment: per individuare le fonti di perdita economica.
- Focused Improvement: in base al pilastro precedente cercare di risolvere qualsiasi problema di costo.
- Autonomous Maintenance e Workplace Organization: addestrare gli operatori sul controllo della produzione e sulla corretta manutenzione per il giusto funzionamento delle attrezzature.
- Professional Maintenance: munirsi di specialisti della manutenzione per evitare il fermo macchina improvviso.
- Quality Control: ispezionamento difetti in ogni fase produttiva.
- Logistic & Customer Services: soddisfare il cliente puntando a driver di costo e qualità (abbattimento costo e contemporaneo aumento di qualità).
- Early Equipment Management and Early Product Management: impiego di attrezzature produttive all'avanguardia.

- People Development: creare risorse di valore, chiave per favorire l'implementazione di tale metodo.
- Environment: sviluppare un ambiente di lavoro accogliente che possa stimolare anche le risorse impiegate.

2.2.1 Lean Management

La Lean Production è diventato il principale approccio per creare nell'industria processi ad alta efficienza dai primi anni '90. La Lean Production è una raccolta di metodi e principi sincronizzati per controllare i siti di produzione. Descrive come deve essere organizzata una produzione e come devono essere gestiti i processi affinché si riduca il tempo di consegna, diminuiscano i costi e si alzi la qualità. L'approccio Lean ha avuto successo grazie alla sua elevata efficacia nel ridurre la complessità ed evitare le fasi del processo che non creano valore. Le caratteristiche chiave del Lean Production sono:

- la stretta integrazione tra uomo e processo produttivo che comporta un concentrarsi maggiormente sulle attività a valore aggiunto evitando gli sprechi e di conseguenza un miglioramento continuo del processo.
- un cambiamento dello sviluppo e controllo della produzione, indirizzato ed incentrato sulla domanda di mercato. La Lean Production infatti, si adatta in modo più rapido alle mutevoli richieste del mercato attraverso la produzione di lotti più piccoli, processi trasparenti e standardizzati.

La metodologia Lean mira alla creazione del valore con la conseguente diminuzione degli sprechi e lo fa per mezzo di due obiettivi: la completa soddisfazione di ogni cliente dell'azienda (che si traduce in un incremento del fatturato) e il successo personale di ogni dipendente (con l'aumento della motivazione e dell'impegno). Per raggiungere questi obiettivi, sono fondamentali quattro principi:

- Capire che cosa vuole il cliente al fine di definire il valore del prodotto o del servizio erogato. I mercati sono competitivi e dinamici; i gusti e le pratiche dei clienti sono in continuo cambiamento. Un'azienda Lean deve innanzitutto sviluppare la capacità di ascoltare i clienti risolvendo i reclami e sperimentando nuove offerte. Un'azienda può aumentare la qualità dei suoi prodotti solo risolvendo i problemi dei suoi clienti in modo affidabile e sostenibile. Oggi ci si trova a sviluppare prodotti che a partire da un primo concept iniziale subiscono continue evoluzioni a causa delle diverse esigenze e dei diversi utilizzi dei clienti. Si parte dal **Minimum Viable Product** (MVP) ovvero l'insieme delle caratteristiche minime del prodotto necessarie per renderlo tale, a cui si ag-

giungeranno per addizioni successive altre caratteristiche e funzionalità richieste dal mercato. Un metodo utilizzato spesso per capire quanto il prodotto venga apprezzato è attraverso il lancio del prodotto sul portale aziendale in modo da studiare poi tutti i feedback ricevuti dai clienti e in base a questi costruire il prodotto offerto finale.

- Aumentare la proporzione del Just in Time nelle consegne. Questo significa ridurre i tempi di risposta tra la richiesta del prodotto/servizio da parte del cliente alla consegna dello stesso. Per raggiungere tale obiettivo, senza aumentare lo stock e senza provocare un accumulo di ordini inevasi, bisogna produrre solo quello che il cliente chiede, quando lo chiede e solo nella giusta quantità. Nel campo del manufacturing, per esempio, la Lean utilizza un sistema pull in cui sono le esigenze del cliente a tirare il flusso.
- Interrompere la produzione ad ogni difetto e risolvere subito il problema, piuttosto che aggirarlo. Mettere da parte un problema per continuare a lavorare o rimandare l'intervento finisce per generare altre difficoltà nelle fasi successive. La Lean ha messo a punto diverse tecniche per affrontare i problemi nel momento e nel luogo dove si manifestano, in modo che i dipendenti stessi possano scoprirne le cause di fondo e trovare soluzioni permanenti. Queste pratiche permettono a un'impresa di garantire la qualità dei suoi prodotti e servizi e allo stesso tempo di addestrare il personale in modo che lavori in modo più efficace.
- Coinvolgere i dipendenti nel ripensare e migliorare il loro ambiente di lavoro. Attraverso una formazione continua, sugli standard (metodi condivisi di lavoro che riducono al minimo gli sprechi) e workshop basati sul kaizen (miglioramenti a piccoli passi), i dipendenti sono incoraggiati a partecipare al miglioramento delle loro postazioni di lavoro e a trovare modi intelligenti per lavorare in modo più efficiente. Il ruolo del management è quello di sostenere queste azioni quotidiane, così che ogni persona possa condividere il senso della qualità offerto al cliente ed esprimere la sua creatività nel mondo della produzione.

> *"È quindi indispensabile una figura che guidi, gestisca e monitori l'intero processo di creazione orizzontale del valore"* (Womack J., 2011)

A differenza di altri metodi produttivi nati dal Taylorismo, la Lean non fa distinzioni tra gli esperti che teorizzano e i lavoratori che producono. Punta piuttosto a sviluppare le competenze di ognuno formando una gerarchia fondata sull'insegnamento e la trasmissione di esperienza. Il fine del Lean Management è quello di sviluppare le

capacità tecniche di ogni persona e comprendere come lavorare con i colleghi a monte e a valle del processo.
Il metodo Lean mira soprattutto a costruire un rapporto di fiducia tra l'azienda e i suoi clienti, tra il management e i dipendenti e tra l'azienda e i suoi fornitori. Questa fiducia permette un impegno collettivo nella ricerca dell'efficienza attraverso l'eliminazione di attività inutili. Ogni partner della catena del valore ottiene inoltre una ricompensa finanziaria: un miglior rapporto qualità/prezzo per i clienti, lavoro e bonus per i dipendenti, maggiori attività e profitti per i fornitori e crescita e maggiore redditività per l'azienda.
Nasce dal sistema Toyota Just In Time (JIT), il quale riesce sempre a garantire un perfetto bilanciamento tra l'offerta dei beni prodotti e la domanda di mercato. L'approccio è del tutto opposto a quello della produzione di massa; infatti, mentre quest'ultimo punta al raggiungimento delle economie di scala attraverso la fabbricazione prolungata e uniforme di un dato prodotto e il rigido rispetto delle quantità programmate in anticipo; il modello giapponese, tramite il JIT, tende a far uscire prodotti in serie brevi e differenziate, adattandole continuamente in base alle fluttuazioni della domanda. È il mercato quindi a "tirare" la produzione.
Affinché si crei un prodotto di valore per il cliente finale, bisogna mappare tutto il flusso della creazione di valore, dalla materia prima alla realizzazione del prodotto finito, analizzando flusso di informazioni e materiali coinvolti. Pertanto, è necessario analizzare l'intera **catena del valore** per vedere il flusso produttivo ed individuare subito i punti critici da dover migliorare, gli sprechi (Fig. 7).

Figura 7: Catena del Valore

Quindi, come poc'anzi accennato, è fondamentale il ruolo del Lean Management per creare comunicazioni adeguate, chiare e non ripetitive tra le diverse funzioni aziendali ed extra-aziendali per evitare rework del prodotto.

2.2.2 I passi per un'organizzazione Lean

Per raggiungere un'organizzazione Lean è necessario utilizzare diversi strumenti e logiche di pianificazione-programmazione-produzione. La prima sfida per realizzare un'azienda Lean riguarda il conflitto tra le esigenze "push" della produzione e i pro-

blemi di anticipo impegno e/o acquisto delle risorse da parte degli altri settori aziendali, in assenza di ordini certi. Bisogna, infine, come già detto, considerare l'andamento a volte incerto dei mercati e la variazione ormai cronica degli ordini da parte dei clienti. Rispetto all'approccio teorico, ne deriva una grande variabilità nelle previsioni e nella programmazione e, quindi, l'impossibilità oggettiva di mantenere costanti i piani di produzione.
Per ridurre gli effetti di queste incertezze è necessario:

- inserire gli ordini del cliente il più velocemente possibile nel processo produttivo
- minimizzare le distanze, creare celle con movimenti minimi e combinare le operazioni degli operatori pianificando meglio il lavoro
- minimizzare i magazzini e gli stock
- massimizzare l'utilizzo delle persone, dello spazio, delle attrezzature e degli impianti per accelerare il ritorno sugli investimenti
- massimizzare la flessibilità. La chiave consiste nella capacità di creare un layout in grado di consentire veloci cambi di prodotto, materiali, impianti, attrezzature, personale, ecc.
- massimizzare la visibilità per risolvere velocemente i problemi
- massimizzare la comunicazione per cercare di raggiungere gli obiettivi e raccogliere i feedback dello stato di avanzamento lavoro
- astenersi dall'utilizzo di risorse sino a ordini certi

La logica “push” che domina la produzione di massa e che ha dominato fino agli anni ’70 è basata su una domanda di mercato abbastanza stabile, sulla produzione di grosse quantità per abbattere i costi seguendo la filosofia “più produco, più vendo”. Con questa logica, se la domanda non è stata stimata correttamente, si finisce spesso per avere degli overstock a magazzino. La logica dominante invece la fabbrica lean è quella **“pull”**, ovvero produzione tirata dalla domanda, dai fabbisogni del cliente. In questo modo è il cliente che pilota la produzione in base alle sue esigenze; il flusso informativo è da valle verso monte e se l’azienda riesce a rispondere con la produzione richiesta in tempo, si riescono a diminuire gli sprechi e le scorte a magazzino. Nelle figure sottostanti (Fig. 8,9) viene espresso il concetto:

Logica Push

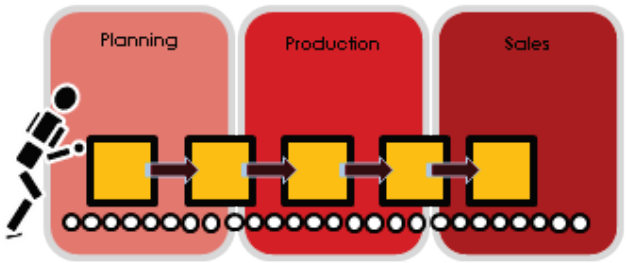

Figura 8: Logica "push"

Fonte: 4Lean

Logica Pull

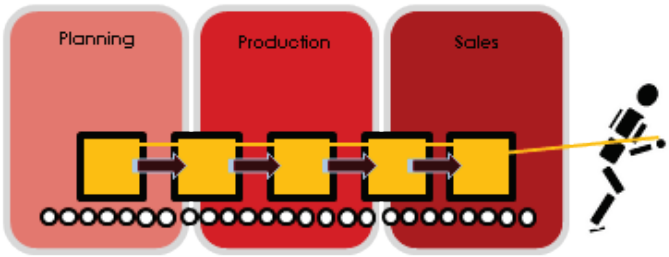

Figura 9: Logica "pull"

Fonte: 4Lean

Pertanto, la logica pull è alla base dell'implementazione del **Just In Time**, un insieme di tecniche organizzative-manageriali che rendono il flusso produttivo in fabbrica più lineare e semplice, cercando di ridurre i tempi di risposta della produzione. Per fare ciò è importante processare lotti più piccoli, diminuire la movimentazione dei materiali e quindi ridurre lo spazio tra i diversi materiali lungo la linea produttiva. In questo modo vengono create delle **celle di lavoro** che consentono un incremento della qualità per mezzo di una comunicazione più immediata ed efficiente. Le celle più utilizzate sono quelle a forma ad U o C nelle quali vengono appunto processati lotti piccoli a differenza del metodo tradizionale in cui le postazioni di lavoro sono dislocate tra loro e adatte alle lavorazioni di grandi lotti. L'immagine seguente (Fig. 10) è una rappresentazione di una cella ad "U":

Figura 10: Un esempio di cella di lavoro ad U

Fonte: AMIA Systems 26 luglio 2017

Altro strumento di forza di un'organizzazione Lean, è il sistema **Kanban**, ovvero un cartellino che per ogni componente che deve essere lavorato associa un set di informazioni utili a definire l'intero flusso logistico.

> *"Nella forma più diffusa e frequente nelle nostre aziende, consiste in un pezzo di carta contenuto in un involucro rettangolare di vinile."*
> (Ohno, 1988)

Il Kanban (Fig. 11) fa capire la movimentazione del componente in quanto su di esso è indicato da dove arriva il componente e dove dovrà andare per la lavorazione successiva, contiene informazioni di quantità, di tempo così da produrre solo quanto richiesto in linea con la domanda del cliente.

Figura 11: Esempio di Kanban

Fonte: KanbanBox

L’evoluzione avvenuta dagli anni ’50 ai giorni nostri è dovuta allo sviluppo delle tecnologie della quarta rivoluzione industriale che, implementate nelle fabbriche, permettono continui miglioramenti dei processi aziendali. Il tipico sistema kanban è ormai digitalizzato per alcune aziende e prende il nome di e-kanban. Una prova di ciò può essere espressa da sistemi e-Kanban che, riconoscendo automaticamente contenitori mancanti o vuoti tramite sensori, inviano un Kanban virtuale per attivare il rifornimento. Utilizzando l'ICT, i Kanban persi non causano più errori nel controllo della produzione fintanto che l'inventario nel sistema di esecuzione della produzione corrisponde all'inventario reale.

Un indicatore fondamentale da considerare è l’**OEE** (Overall Equipment Effectiveness) che esprime la percentuale di produzione eseguita rispetto a quella pianificata, identificando possibili perdite. Ovviamente il valore della percentuale pari al 100 % indica il valore ideale, mentre un OEE molto elevato, 85%-95%, esprime una produzione ottima. La stima di tale indicatore è molto utile per il **Cost deployment,** strumento che permette di individuare gli sprechi, i processi inefficienti, le perdite. Infatti, attraverso l’OEE vengono riconosciute le perdite e quindi poi la tipologia di costo da monitorare costantemente per far sì che questi costi si trasformino in guadagni.

Oltre a tutte le tecniche/indicatori descritti precedentemente, ce ne sono altre, come la tecnica **SMED** (Single Minute Exchange of Die), inventata da Shigeo Shingo, consulente in Toyota, che prevede la sostituzione dell’attrezzaggio macchina in un tempo ridotto, inferiore a dieci minuti consentendo la riduzione dei set up di macchine e la conseguente riduzione dei lotti di produzione. Affinché venga utilizzata questa tecnica, occorre in primis analizzare la situazione di partenza ed individuare i tempi di set up, distinguere quali sono i set up interni (set up a macchina ferma) e quali quelli esterni (set up macchina in movimento), poi capire dove si può sostituire il set up interno con quello in movimento ed infine, bisogna standardizzare tutte le procedure di set up che sia a macchina in movimento o meno. Adottando questa tecnica i vantaggi che si possono ottenere sono molteplici:

1. Riduzione del Lead Time: a differenza dell’approccio tradizionale, per il quale la produzione è di tipo *push* e per cercare di anticipare la domanda si immette in produzione una grande quantità di prodotto, con la tecnica SMED aumenta la **flessibilità**. Infatti, riducendo al minimo i tempi di set up non è più necessario produrre lotti di grandi dimensioni per ammortizzare i tempi di attrezzaggio macchina, al contempo i lotti prodotti saranno di dimensione ridotta proprio per produrre il giusto al momento richiesto in base alle esigenze del cliente, diminuire il tempo di produzione e accelerare quello di consegna.

2. Standardizzare le procedure di set up sin dal principio può garantire una qualità maggiore della produzione
3. Diminuzione delle scorte a magazzino: produrre basandosi su una logica di tipo *pull* permette la riduzione delle scorte a magazzino e dei costi ad esso associati, quali costi di scaffalature, costi per la movimentazione merci, per il personale del magazzino e riduce il problema degli spazi. Per un'azienda questi costi sono notevoli ed eliminarli del tutto è quasi impossibile, ma in questo modo è sicuramente possibile diminuirli.
4. Conseguenza immediata del punto precedente è anche la diminuzione degli **scarti.** Infatti, un altro inconveniente della produzione di massa è l'obsolescenza delle scorte a magazzino; in quanto può capitare che a causa dello sviluppo di nuovo modello, restino a magazzino dei prodotti vecchi non venduti che l'azienda cercherà di venderli a basso costo (prima fonte di perdita) oppure li smaltirà (seconda fonte di perdita). Con la nuova tecnica riducendo le scorte, si riducono anche gli scarti e a cascata si riducono i costi per perdite.

La metodologia **5S**, basata sulla disciplina dei lavoratori e sull'ordine nel posto di lavoro, è alla base per ottenere un flusso produttivo in continuo miglioramento ed efficiente. 5S è la sigla che raccoglie cinque parole giapponesi che inducono all'ordine: **Seiri** (Sort), pulire la postazione di lavoro eliminando il superfluo; **Seiton** (Set in Order), ordinare e sistemare tutte le attrezzature – materiali che devono essere usati; **Seison** (Shine), controllare sempre l'ordine; **Seiketsu** (Standardize), standardizzare sempre più e migliorare continuamente le fasi precedenti; **Shitsuke** (Sustain), cercare di mantenere nel tempo quanto detto e quindi è necessario che il personale abbia disciplina.

Sempre Shigeo Shingo, per cercare di mantenere la qualità dei prodotti alta e in miglioramento, introdusse strumenti per il raggiungimento dell'obiettivo *zero difetti.* Gli strumenti si chiamano **Poka -Yoke** che automaticamente rilevano l'anomalia. Inizialmente erano strumenti meccanici limitati all'individuazione della mancanza di prodotto, successivamente sono stati sviluppati strumenti più sofisticati che permettono il blocco della linea in modo che un prodotto difettoso non venga processato per intero e che venga rilevata la causa per evitarla e correggerla nel futuro.

Infine, altro indicatore è il **Takt Time** che definisce il ritmo/tempo produttivo su una determinata linea. Per calcolare questo tempo bisogna: determinare l'orizzonte temporale di calcolo, stimare il volume di vendite settimanale e individuare il tempo di lavoro necessario. In particolare, il Takt Time è definito come:

$$Tt = \frac{Tempo\ lavorativo\ a\ disposizione}{Volume\ di\ vendita\ previsto}$$

Una volta calcolato, conoscendo il Tempo Ciclo Manuale Totale per cella di lavoro, ovvero il tempo per compiere le operazioni manuali necessarie durante il processo, è possibile calcolare anche il numero di operatori necessari per cella di lavoro, dato dal rapporto tra il Tempo Ciclo Manuale Totale e proprio il Takt Time. Il numero di operatori insieme al Takt Time permettono di valutare la stabilità del processo. Quando si hanno diverse catene produttive per completare un intero processo, se ogni catena ha un ritmo (Takt Time) differente è importante sincronizzare l'intera produzione collocando dei buffers di processo che servono a tamponare le diverse velocità delle linee.

Un ritmo ben sincronizzato con la domanda di mercato permette un giusto livellamento della produzione, richiedendo la fornitura necessaria alla sola domanda ricevuta. In questo modo anche i fornitori ne giovano, senza dover affrontare grosse modifiche dei volumi da fornire in continuazione e quindi riuscendo anche loro a costruire un clima di lavoro più efficiente, in cui gli operatori possano lavorare al meglio. **Heijunka,** è il termine proprio utilizzato per il livellamento della produzione e per una giusta programmazione della stessa lo strumento utile alle aziende è la *Heijunka Box* (Fig. 12), una tabella in cui vengono rappresentate le linee produttive in riga e in colonna gli intervalli di tempo e nelle celle create tra l'incrocio di righe e colonne vengono posizionati i *Kanban* che segnano il flusso delle attività da svolgere.

Heijunka Box	8am	10am	12pm	2pm	4pm	6pm	8pm	10pm	12am	2am	4am
Component 1											
Component 2											
Component 3											
Component 4											

Figura 12: Heijunka Box

Fonte: Bader Martin, P.S.

2.2.3 La connessione tra Lean Management e Industry 4.0

Per diversi decenni, i produttori hanno utilizzato principi e strumenti lean per ridurre la complessità operativa e migliorare la produttività. L'approccio lean fornisce le basi per l'eccellenza operativa standardizzando i processi, infondendo una cultura del miglioramento continuo, responsabilizzando i lavoratori in officina grazie ad un coinvolgimento loro più ampio. Tuttavia, data la crescente complessità delle operazioni, spesso una gestione lean da sola non è sufficiente ad affrontare le sfide operative.

Recentemente, con l'avvento dell'Industry 4.0, i produttori possono aumentare la velocità, l'efficienza e il coordinamento e persino facilitare l'autogestione delle operazioni di fabbrica attraverso una giusta combinazione delle nuove tecnologie.
Infatti, entrambi gli approcci hanno lo stesso obiettivo, che è l'eccellenza operativa, ma applicano diversi tipi di strumenti per raggiungere questi obiettivi. L'approccio di Lean Management riduce la complessità e i costi eliminando gli sprechi e le attività che non aggiungono valore lungo tutto il processo o la catena del valore e fornisce tecniche per coinvolgere tutti i dipendenti nella revisione continua e nel miglioramento dell'efficienza. L'Industry 4.0 permette attraverso le 9 tecnologie emergenti, illustrate nel capitolo precedente, il collegamento di sensori, macchine, pezzi in lavorazione e sistemi IT lungo una catena del valore che si estende oltre una singola impresa. Questi sistemi collegati possono interagire e analizzare i dati per prevedere i guasti, riconfigurarsi e adattarsi ai cambiamenti ed i produttori possono raggiungere nuovi livelli di prestazioni operative. Industry 4.0 consente inoltre alle aziende di condividere i vantaggi della tecnologia di automazione in modo più ampio all'interno dell'organizzazione, ad esempio dotando e formando gli operatori di linea per ricevere e applicare informazioni in tempo reale sui loro macchinari. I produttori che cercano di ottimizzare le loro operazioni devono comprendere l'interazione tra il Lean Management e l'Industry 4.0. Diversi studi sui programmi di eccellenza operativa degli ultimi anni hanno visto le aziende generare preziose sinergie implementando il Lean Management e Industry 4.0 in modo olistico, piuttosto che in modo indipendente o sequenziale. Infatti, nella maggior parte dei casi, l'applicazione integrata del Lean Management e di Industry 4.0, chiamata **Lean Industry 4.0** è il modo più efficace per raggiungere il prossimo livello di eccellenza operativa.

Capitolo Terzo

3. L'avvento dell'Intelligenza Artificiale

In prosieguo di quanto già riportato nel capitolo iniziale in merito all'Industry 4.0, qui di seguito si sviluppano ulteriori considerazioni sull'evoluzione di tale rivoluzione che ha inciso ed incide sulle politiche socio-economiche degli stati.
In via preliminare corre obbligo rappresentare, come vedremo in seguito, che il progresso nell'ambito di tale rivoluzione industriale comporterà sicuramente una riduzione di uomini al lavoro a fronte però di un'implementazione di nuove figure professionali altamente formate nel campo ingegneristico informatico-gestionale, capaci di controllare e verificare il lavoro delle macchine intelligenti.
In tale ambito è essenziale specificare il significato precipuo dell'IA che nel mondo scientifico non è univocamente definita, in quanto essa spazia dall'informatica alla neurologia, per arrivare agli studi su come funziona il cervello umano. In generale possiamo dire che l'IA è quella scienza che si dedica alla realizzazione di macchine intelligenti che grazie all'informatica, trova la strada più pratica e probabile per raggiungere un risultato analogo.
Gli studi su come funziona l'intelligenza umana potrebbero essere forieri del progresso della migliore IA fattibile, ma secondo alcuni scienziati potrebbe avvenire anche l'opposto e cioè che il progresso dell'IA possa portare ad ulteriori scoperte sul funzionamento del cervello umano.
Volendo semplificare, possiamo dire genericamente che l'intelligenza umana è un complesso di facoltà psichiche e mentali che consentono di pensare, comprendere o spiegare i fatti o le azioni, elaborare modelli astratti della realtà, intendere e farsi intendere dagli altri, giudicare, e adattarsi all'ambiente.
Dallo studio del funzionamento dei meccanismi prodromici dell'intelligenza, si è giunti alla creazione di macchine capaci di riprodurre solo in parte questi meccanismi, senza riuscire a riprodurli in tutte le sfaccettature, per cui gli attuali sistemi di IA sono parzialmente completi.
Per il perfezionamento dell'IA il processo evolutivo si è basato sostanzialmente su due direttrici e precisamente una rivolta all'apprendimento dei comportamenti umani, al fine di realizzare software capaci di riprodurre i relativi processi logici propri dell'intelligenza umana e una che, sulla base dello studio delle problematiche reali, consenta all'IA di elaborare una metodologia comportamentale.
Nel contempo, si stanno sviluppando tecnologie innovative grazie allo sviluppo dei *big data*, dei sistemi *cloud storage* e dell'elaborazione dati, condizioni queste necessarie per il perfezionamento dell'IA. A tal proposito si rappresenta che Forrester nel

suo studio del 2017 *"TechRadar: Artificial Intelligence Technologies, Q12017 "* ha individuato fra le suddette condizioni ben 10 tecnologie, come le più importanti per lo sviluppo dei processi aziendali al fine di agevolare quelli così detti di *decision-making*, con le relative specificazioni.

Prima della elencazione delle 10 tecnologie, si ritiene opportuno evidenziare che le stesse, sono caratterizzate da alcuni elementi basilari comuni, come lo sviluppo delle interazioni fra uomo e macchina, l'esistenza nel mercato globale e la possibilità di utilizzo delle stesse in svariati campi con elevato valore commerciale, preordinate secondo una specifica scala di valutazione così come di seguito esplicitate:

- *Natural Language Processing*: Trattasi propriamente **dell'elaborazione del linguaggio naturale** e propriamente dell'elaborazione automatica di informazioni sia parlate che scritte in una lingua corrente mediante l'utilizzo di un calcolatore elettronico. L'NLP consente ad una macchina la comprensione di un testo, con capacità altresì espressiva e finanche riassuntiva dello stesso. L' NLP è usato nel *customer care*, nelle analisi dei testi, nei riassunti automatici, ma anche nelle analisi del "*sentiment*", che consente di misurare il livello di emotività di un determinato discorso e capire il parere-pensiero di chi parla, se è pro, contrario, ecc. al concetto espresso;
- *Speech Recognition*: Vengono presi in considerazione dei discorsi di esseri umani e poi vengono tradotti, trascritti ed elaborati per applicazioni informatiche; attualmente questa tecnica è molto utilizzata in quei sistemi di risposta vocale interattivi;
- *Virtual Agent, assistenti virtuali*: In pratica trattasi dei cosiddetti "segretari virtuali" (**chatbot**), che automaticamente sono in grado di dialogare con i clienti e di rispondere a domande comuni, fino ad arrivare a sistemi più avanzati. Tecnica usata particolarmente nel *customer service* e nella *smart home*;
- *Piattaforme di machine learning*: È un settore specifico dell'informatica che fornisce ai computer la capacità di imparare senza essere stati palesemente programmati. Consiste essenzialmente nella capacità di un algoritmo di imparare dai dati, e anche di evitarne gli errori commessi in precedenza proprio grazie all'apprendimento. Le piattaforme di *machine learning* sono impiegate in un'ampia varietà di applicazioni per le imprese, soprattutto per ciò che attiene alle previsioni e classificazioni di diverso genere;
- *AI-optimized Hardware*: **Gpu**[5] e dispositivi disegnati ad hoc e realizzati per eseguire lavori di computazione efficientemente;

[5] GPU: Graphic processing unit, ovvero un un dispositivo hardware che permette di trasformare un segnale elettrico in input in uno digitale.

- *Decision Management*: Sono motori adoperati per training, manutenzione, set-up iniziali e calibratura che inseriscono logica e regole all'interno di un sistema AI. Metodo usato principalmente in applicazioni imprenditoriali per sostenere e conseguire processi decisionali automatici;
- *Deep Learning Platform*: Trattasi di uno speciale tipo di *machine learning* formato da una rete neurale artificiale, usato attualmente per lo più nella "**pattern recognition**" come ad esempio, per il riconoscimento di sagome-corpi-volti da parte sia di sistemi di archiviazione foto (Google Photo o iCloud) che di apparecchiature di sorveglianza;
- *Biometrica*: Essenzialmente usata per ricerche di mercato, permette interazioni più naturali e chiare tra esseri umani e macchine, inclusa l'interazione con immagini, parole e linguaggio del corpo, *touch recognition*;
- *Robotic Process Automation*: Permette di automatizzare l'azione umana in tal modo da sorreggere processi imprenditoriali efficienti attraverso l'utilizzo di testi o altri metodi ed è adoperata principalmente dove è troppo costoso o poco efficiente far compiere determinati compiti agli esseri umani;
- *Text Analytics e NLP*: Il Natural Language Processing (**NLP**) usa e supporta il *text analytics* permettendo una comprensione di strutture frasi o significato delle stesse più immediata e facilitata ma anche del loro "*sentimento*" e del loro intento e lo si fa per mezzo di metodi statistici e di *machine learning* e vengono impiegati specialmente nella security e per riconoscere frodi.

Detto ciò, si ritiene altresì utile esaminare anche alcune considerazioni di esperti del settore sullo sviluppo dell'IA e le probabili conseguenze socio-economiche di un vasto impiego della stessa nelle fabbriche. A tal proposito Warren Gameliel Bennis nella ricerca di M.Fisher del 1991 : " The millionaire's boock of quotations " decrive uno scenario apocalittico con la fabbrica del futuro caratterizzata da solo due operai:

> "*un uomo e un cane e compito dell'uomo sarà quello di nutrire il cane, la cui funzione è tener l'uomo lontano dalla macchina."*

Ancora Alan Turing uno dei maggiori scienziati degli studi di base dell'IA, nella sua ricerca del 1950: "Computing Machinery and Intelligence. Mind 49 ", definisce: *"l'Intelligenza Artificiale è la scienza di far fare ai computer cose che richiedono intelligenza quando vengono fatte dagli esseri umani o come quel settore dell'informatica che si occupa di creare macchine intelligenti in grado di eseguire compiti e risolvere problemi nuovi, di adattarsi all'ambiente e comprenderlo, e di capirne il linguaggio naturale"*.

Un tipico esempio calzante di tale definizione e dell'importanza dell'AI è l'azienda Amazon, fondata da Jeff Bezos, Presidente e Amministratore Delegato del gruppo

Amazon.com, forse attualmente la più grande azienda di e-commerce. Proprio Bezos, nel 2017 rivolgendosi ai propri azionisti ha ribadito la necessità di accogliere e comprendere "the important external trends". L'azienda è come detto in precedenza leader nella distribuzione e l'innovazione tecnologica rappresenta per lei il suo punto cardine, installando l'IA per gestire la propria logistica, la fornitura di servizi personalizzati al cliente, ecc., per garantire consegne capillari in ogni parte del mondo con qualità costante, rapidità ed efficienza ed efficacia del lavoro. Avvalendosi della moderna tecnologia ICT, Amazon ha sconvolto il mercato del commercio e della distribuzione con l'implementazione di un modello di accesso rapido al consumo.

Possiamo senz'altro dire che ormai l'IA è parte integrante della nostra vita, non solo quando utilizziamo Amazon per l'acquisto di un prodotto, ma anche se pensiamo ai veicoli a guida autonoma, a sistemi di traduzione automatica o di riconoscimento del parlato, a robot, alla pianificazione e logistica, ai giochi, assistenti vocali di apparecchiature elettroniche, etc., tutte applicazioni che rappresentano aspetti pratici di utilizzo dell'IA.

Infatti, l'IA si sta implementando alacremente nei vari e specifici settori industriali, con innegabili benefici sui costi operativi delle aziende, come fra l'altro dimostrato in uno studio del 2017 del McKinsey Global Institute, che ha stimato una riduzione dei costi operativi del 10-15% grazie all'automazione di un sistema di emergenza ospedaliero, del 25% nel campo della manutenzione degli aerei e fino al 90% nel campo del reperimento automatico delle risorse finanziarie (mutui).

Secondo il predetto studio, grazie allo sviluppo dell'IA nelle aziende la riduzione dei costi operativi, comporta chiaramente maggiori risorse economiche, con un conseguente aumento di produttività tale da consentire un fattore di crescita fra il +0.8 e l'1.4% annuo.

Accenture, altro colosso aziendale che sviluppa progressivamente l'utilizzo dell'IA, in uno studio del 2016: "Why Artificial intelligence is the Future of Growth ", ha previsto un aumento del 40% della produttività che, entro il 2035, potrebbe tradursi, per alcuni paesi come gli Stati Uniti d'America, in una crescita economica di due punti percentuali e in un aumento del PIL, mentre per l'Italia in una crescita del 10%.

Analogamente una indagine condotta dal National Business Research Institute ha stabilito che, nel 2016, il 38% delle aziende statunitensi utilizzava già l'IA, con una crescita fino al 62% nel 2018.

Una recente ricerca di Forrester ha previsto una crescita del 300% degli investimenti in IA nel 2017 rispetto all'anno precedente. Nel 2016 l'Harvard Business Review, ha constatato che la "*machine intelligence*" ha catalizzato investimenti di *venture capital* per 5 miliardi di dollari (S. Zilis-J. Cham (2016), The Competitive Landscape for Machine Intelligence).

In questa direzione aziende come Google, Facebook, Amazon, IBM, Apple, Intel, Microsoft, Baidu e Oracle sono fra quelle maggiormente interessate nel processo di implementazione dell'IA, mentre tra le prime 10 nella lista di Fortune delle dominanti 500 società al mondo sono elencate altre come Ford Motor, General Motors, Walmart, Exxon Mobil, che utilizzano progressivamente l'IA. Troviamo infatti numerose applicazioni dell'IA a partire dal customer care alla sanità, dal digital marketing alla Fabbrica 4.0, con un mercato in continua crescita espansiva con valori stimati dai 3 miliardi di USD attuali ai 47 previsti nel 2020 (Fonte 2017 - IDC **International Data Corporation** prima società mondiale specializzata in ricerche di mercato, servizi di consulenza e organizzazione di eventi nei settori ICT e dell'innovazione digitale).
Da quanto sopra detto, si evince che utilizzare l'IA per una azienda all'avanguardia è dunque una necessità vitale per la crescita e implementandola prima degli altri, consente senza ombra di dubbio maggiori opportunità di affrontare il mercato in continua evoluzione. Invero esistono ancora aziende che dimostrano il contrario come ad esempio la Priceline[6] che offre servizi in rete per la ricerca di viaggi a tariffe ridotte, che ha scontato negli ultimi 10 anni un rendimento medio annuo del 42,1% circa, nettamente superiore a qualsiasi altra organizzazione tra quelle presenti nell'elenco prima citato di Fortune, dimostrando così come "*l'execution*", possa consentire ottimi risultati indipendentemente dalle tecnologie utilizzate. Nonostante ciò, visto il crescente sviluppo del sistema industriale, risulta sicuramente utile per le aziende accreditarsi di sistemi sempre più all'avanguardia e prima dei concorrenti con opportunità di maggiori vantaggi competitivi.

3.1 Il trade off tra il ruolo dell'uomo e la tecnologia

L'intelligenza artificiale, vista la sua rapida ed incidente diffusione, ha assunto un ruolo così importante da essere oggi al centro del dibattito pubblico in tutto il mondo o quasi, oscillando fra due tematiche essenziali per la "*governance*" di una nazione e cioè il problema occupazionale e quello etico, fondamentali per le odierne aziende e ancor più per quelle future. Il primo tema, fra l'altro oggi obiettivo principale del governo italiano (reddito di cittadinanza finalizzato all'occupazione, etc.), sembra influire maggiormente sulla vita quotidiana, per il progressivo utilizzo dell'intelligenza artificiale che potrebbe comportare il saldo occupazionale negativo. Il secondo tema in apparenza più lontano dalla percezione comune, è la "*dittatura*" dell'IA, che nel tempo potrebbe comportare la sostituzione completa dell'uomo nelle fabbriche. L'AI e la robotica in sé sono neutre, il problema è come queste vengono sfruttate: ad esempio infiltrarsi in un database utilizzando l'Intelligenza Artificiale e danneggiare

[6] Colosso statunitense del travel online. Nel 2018 ha cambiato nome in "Booking Holdings" essendo la holding di "Booking.com"; "Agoda.com"; "Kayak"; "Rentalcars.com"; "Opentable"

un'altra persona non è etico ma infiltrarsi in un database invece per bloccare un lancio di un missile potrebbe essere visto come etico. Oggi è ancora l'uomo a guidare i robot e l'Intelligenza Artificiale quindi è opportuno stabilire da subito delle regole etiche riguardanti la privacy, la sicurezza la trasparenza per l'utilizzo delle nuove tecnologie.
Problematiche entrambe cruciali e ripetitive nel tempo. Cruciali in quanto l'alacre sviluppo dell'IA potrebbe comportare la "**distruzione creatrice**" così detta schumpeteriana, e cioè quel processo in cui la tecnologia avanzata provoca radicali processi selettivi che costringono molte aziende alla chiusura, mentre altre aprono, e altre si consolidano con conseguenti riflessi sul mondo del lavoro.
Tale situazione "in progress", potrebbe comportare sì la perdita di posti di lavoro, ma nel contempo anche la creazione di nuovi, come già detto, per l'avvento di nuove figure professionali che tenderanno ad assorbire l'inesorabile surplus umano scaturente dall'implementazione dell'intelligenza artificiale in particolare nel settore dei servizi, così come successo con le macchine (a partire dalla prima rivoluzione industriale con l'avvento delle macchine a vapore), prima nel settore agricolo e poi nel settore manifatturiero. Chiaramente bisognerà affrontare i risvolti socio-economici per le problematiche connesse alla probabile crescente disoccupazione con politiche volte al sostegno e alla reintegrazione e riqualificazione dei lavoratori. Ripetitive nel tempo perché gli approcci per porre rimedi si attivano sempre solo quando il progresso tecnologico e la riduzione dei costi dei prodotti e dei servizi crea l'humus per lo sviluppo celere dell'IA.

3.2 I principali ostacoli all'implementazione dell'Intelligenza Artificiale

Le su esposte considerazioni nascono dalla drastica constatazione che l'IA è già insita in noi, e che in definitiva è necessario rapidamente coglierne gli aspetti positivi di crescita economica, prima dei concorrenti, per ottenere vantaggi.
Invero ancorché siano in atto notevoli investimenti da parte delle aziende, l'assenza di alcuni fattori caratteristici, ritardano l'implementazione delle nuove tecnologie, fra cui:

- Obiettivi strategici non chiari, le tecnologie ancora troppo nuove, fanno si che molte realtà aziendali non sanno ancora come implementare l'Intelligenza artificiale. Questo avviene perché le imprese non hanno un chiaro **business case.** Senza una strada chiara che assicuri il raggiungimento del ROI[7] le imprese non riescono a giustificare gli investimenti in queste tecnologie.

[7] ROI: Return Of Investment, tasso di rendimento (return) sul totale degli investimenti (investment) di un'impresa. È uno degli indici di bilancio di più frequente utilizzo nell'analisi di redditività aziendale. (Fonte: dizionario di Economia e Finanza Treccani).

- Soprattutto per l'ancora limitata adozione dell'AI nel mondo aziendale, non ci sono ancora tante **competenze specializzate** atte a installare e gestire sistemi intelligenti. Mentre il mondo della ricerca si sta specializzando in *deep learning* ed IA, quello aziendale è ancora indietro nello sviluppo di personale chiave, di competenze uniche e specializzate. Questo non vuol dire che per implementare l'IA bisogna cambiare le risorse e stravolgere l'organizzazione, ma è ovviamente necessaria una nuova formazione del personale, per far emergere nuove competenze che siano allineate con quelle richieste dalle nuove tecnologie.
- L'implementazione dell'AI si basa su una grande mole di **dati** e quindi l'impresa deve servirsi di un'ottima piattaforma di gestione dati. In generale, i computer eseguono i comandi a loro impartiti e se viene immesso un input cattivo, dato non buono, produrrà un output ugualmente cattivo, la logica viene chiamata: "garbage in, garbage out". I sistemi di Intelligenza Artificiale per imparare, quindi, hanno bisogno di enormi quantità di dati, ma assicurare oggi, per gran parte delle aziende, che i dati estratti da questa piattaforma siano di qualità resta un obiettivo ancora non raggiunto;
- Oltre alle sfide che riguardano la mole di dati, i diversi casi, le competenze, le imprese sono molto preoccupate per l'impatto che i sistemi intelligenti possano causare sull'impresa stessa. I rischi maggiori sono dovuti alla **gestione del cambiamento** e per contenere tali rischi è necessario programmare ristrutturazioni della forza lavoro.
- Come già argomentato, la paura più forte che ostacola l'implementazione dell'AI è la creazione di disoccupazione; ma in realtà l'adozione dell'AI potrebbe essere soprattutto per affiancare l'uomo o sostituirlo in quei lavori a basso valore, troppo onerosi e costosi per l'uomo. È importante concepire che AI e uomo lavorano e funzionano meglio uniti e che spetta all'uomo stabilire come collegare le varie tecnologie per creare sistemi che siano in grado di pensare, leggere, sentire e agire autonomamente. È fondamentale intuire che l'iterazione **uomo-macchina** è di gran lunga superiore all'iterazione **macchina-uomo,** questo concetto è ancora allo stadio embrionale ma è qui che bisogna agire.

3.3 I principali punti di forza dell'AI

Fermo restando quanto sopra riportato, l'utilizzo delle nuove tecnologie ed in particolare quelle di *machine learning* nei settori industriali, si stanno rapidamente diffondendo per la presenza di alcune funzioni quali:

- Riuscire a produrre prodotti finanziari personalizzati in tempo reale grazie all'ottimizzazione di prezzo;

- Poter **tracciare** i **flussi finanziari** e quindi riuscire ad identificare sempre in tempo reale transazioni fraudolente;
- Individuazione di strade, percorsi per assicurazioni grazie all'utilizzo di dati telematici sul comportamento alla guida;
- **Digital advertising** [8] personalizzato;
- Nel campo medico riuscire a creare una diagnostica personalizzata classificando i pazienti in base ai risultati degli esami eseguiti;
- Permette la **manutenzione predittiva** (illustrata nel paragrafo **3.6**) in diversi settori come nel manufatturiero;

Infatti, l'IA si diffonde in maniera progressiva con tassi di incisione diversi in funzione degli specifici settori industriali, come attestato ad esempio negli USA, dove si riscontra che l'adozione dell'IA, nei settori dell'Informazione e delle Comunicazioni, dei servizi finanziari e dei media è nettamente superiore rispetto alle *utility* e al settore manifatturiero, e ancor più rispetto a settori come quello dell'agricoltura, dell'ospitalità e delle costruzioni.
Premesso ciò, possiamo acclarare che l'adozione delle nuove tecnologie è ancora in fase iniziale, ed infatti McKinsey stima che gli Stati Uniti d'America siano al 18% del proprio pieno "potenziale di digitalizzazione", la Francia al 12%, l'Italia solo al 10%. Questo ritardo, nell'attivazione di nuove tecnologie è certamente dovuto anche alle su richiamate preoccupazioni sulle ricadute negative sul mondo del lavoro.

Su tale problematica che si ripercuote sulle politiche socio-economiche delle nazioni, bisogna rammentare che comunque l'aumento di produttività dovuta all'adozione dell'IA, non sempre comporta in automatico licenziamenti, come si evidenzia negli esempi qui di seguito:

- Negli anni '70 e '80 la diffusione del semplice codice a barre negli Stati Uniti non comportò ad un calo del numero di impiegati alle casse come era stato invece immaginato;
- Nel mondo bancario, si pensò che l'implementazione dell'ATM (Automatic Teller Machine), il nostro bancomat, in servizio ormai da oltre cinquanta anni e quindi testato, avrebbe ridotto posti di lavoro e quindi il numero degli impiegati, ma in realtà è stato constatato che non è avvenuta alcuna riduzione di personale per tale causa.

Come più volte detto l'evoluzione delle nuove tecnologie comporterà progressivamente la scomparsa di alcune professioni, ma nel contempo anche la creazione di nuove forme di lavoro, come testimoniano le piattaforme Uber, AirBnB, o addirittura Facebook e Instagram in Asia.

[8] https://www.glossariomarketing.it/significato/digital-advertising/

3.4 Le leve su cui spingere per la giusta adozione tecnologica

Così come ampiamente relazionato, le aziende che finalizzano investimenti sull'IA saranno in grado di sviluppare vantaggi sempre più competitivi, anche se al momento poche aziende e fra l'altro di grandi dimensioni come le nordamericane Google, Amazon, Apple, Microsoft, o cinesi quali Alibaba e Tencent, sono in uno stato avanzato di applicazione delle nuove tecnologie, rispetto ad altre in netto ritardo, specie nei paesi come l'Italia che è caratterizzata da un sistema industriale composto per lo più da piccole e medie imprese, con un conseguente netto divario fra le aree geografiche che si ripercuote sugli sviluppi economici degli stati.

In generale, affinché le aziende possano stabilire una presenza sul mercato e mantenere la loro quota di mercato nel lungo termine, dovranno capire come le loro strategie e i loro punti di forza si inseriscono nelle fasi di evoluzione del settore. In queste fasi vi sono almeno quattro distinte basi di concorrenza che possono portare a opportunità di acquisizione di valore sproporzionatamente grandi per le singole aziende: tecnologia distintiva, dati distintivi, piattaforme tecnologiche e la capacità di fornire soluzioni complete.

- **Tecnologia distintiva**: per un'ampia adozione dell'internet of things, sono disponibili diverse soluzioni di base come sensori a basso costo e connettività a basso costo. Le aziende che hanno proprietà intellettuale in queste aree possono costruire posizioni forti e sostenibili.
- **Dati distintivi**: ad esempio, un produttore di apparecchiature industriali può raccogliere giornalmente centinaia di terabyte di dati in streaming da sensori utilizzati dai suoi clienti. In tal modo può identificare le anomalie prima che causino lo spegnimento delle apparecchiature, fornire una manutenzione predittiva che altri che hanno meno accesso ai dati non sarebbero in grado di fare e così riservare la propria posizione strategica.
- **Fornitori di piattaforme**: In altri mercati IT, le imprese hanno creato un'ampia base di dati attraverso piattaforme abilitate al software su cui terze parti costruiscono applicazioni. Le piattaforme sono anche un mezzo per garantire l'interoperabilità tra le applicazioni. Una piattaforma di successo mostra effetti di rete, in quanto ogni nuovo cliente e applicazione aggiunge valore per tutti i clienti e le applicazioni esistenti. Le piattaforme di successo tendono anche a legare il cliente al fornitore della piattaforma; infatti può essere piuttosto impegnativo scalare le piattaforme in quanto c'è bisogno di una massa critica di casi d'uso e soluzioni di successo sviluppate, prima di poter affermare una piattaforma.

- **La capacità di fornire soluzioni end-to-end**: a causa del grado di personalizzazione necessari per creare sistemi efficaci dell'IoT in specifici settori industriali, le aziende che possono fornire "soluzioni" complete hardware-software possono stabilire rapporti profondi con i clienti che sarebbe difficile per i concorrenti da interrompere. I fornitori end-to-end potrebbero essere produttori di apparecchiature che utilizzano la tecnologia dell'internet of things, società di software, o integratori di sistemi. Lo spostamento del valore verso il software non significa che le aziende che tradizionalmente sarebbero classificate come fornitori di hardware si troveranno in una situazione di svantaggio permanente. Infatti, sempre più spesso i fornitori di apparecchiature incorporano nei loro prodotti le capacità dell'internet of things, agendo come sviluppatori di software e consulenti per i loro clienti, fornendo in tal modo soluzioni end-to-end. Allo stesso modo, i produttori di software stanno espandendo la loro offerta per includere anche l'hardware. Nel prossimo futuro, ci sarà un premio per la fornitura di servizi di integrazione di sistemi complessi, a causa di un'elevata domanda da parte degli utenti dell'IoT di avere l'intera fornitura integrata. Inoltre, i clienti hanno bisogno di sistemi che siano personalizzati per le loro specifiche esigenze e i fornitori offrendo i sistemi integrati posso soddisfare molte di queste esigenze.

Le nuove tecnologie, come più volte ribadito, comportano anche la formazione e riqualificazione del personale e la creazione di nuovi posti di lavoro, con l'acquisizione di nuovi clienti e aumento degli utili delle aziende.

In Italia al fine di incrementare lo sviluppo delle nuove tecnologie ed evitare di seguire e dipendere dai "first mover", come Stati Uniti e Cina è necessario che vengano promosse forme di investimento con ricorso anche a finanziamenti agevolati al fine di consentire alle aziende costituenti il nostro tessuto industriale lo sviluppo e la gestione delle nuove tecnologie e la formazione del personale, anche con politiche economiche mirate, promuovendo forme di partenariato pubblico-privato, di sostegno alle nuove forme di imprenditorialità privata, semplificando il regime fiscale, ridurre i formalismi burocratici.

3.5 L’incremento della qualità nel settore produttivo in seguito all’implementazione dell’Intelligenza Artificiale

3.5.1 Il controllo qualità tradizionale nella produzione

Il controllo qualità è una delle operazioni fondamentali nelle aziende manifatturiere e non solo. Inizialmente veniva fatto a valle della catena di produzione, quando il prodotto era pronto per essere consegnato al cliente, oggi, invece, si punta ad una progettazione da monte a valle della qualità. In questo modo il controllo qualità è più efficiente perché permette di affrontare un problema appena si verifica.

Le tecniche per il controllo della qualità possono essere suddivise in due categorie:

- il controllo qualità relativo al prodotto, come: il **QFD** (Quality Function Deployment) per tradurre i bisogni dei clienti in attributi di prodotto e per tradurre ulteriormente gli attributi del prodotto in requisiti di processo di produzione e fornire, così, linee guida per la progettazione del processo produttivo e di quello di controllo della qualità e l'**FMEA** (Failure Mode and Effect Analysis) strumento che serve per indicare in quali modi si potrebbe guastare qualcosa, analizzare eventuali effetti e valutarne i rischi collegati.
- il controllo qualità dei sistemi di produzione.

Nella produzione di un qualsiasi elemento esistono tre fasi del processo che sono di particolare importanza e precisamente: l'ingresso degli input, lo svolgimento del processo, l’output in uscita.

Per quanto riguarda il controllo statistico della qualità in ingresso, esso si applica sui materiali che si ricevono dai fornitori esterni in lotti. La loro qualità può variare da lotto a lotto e ha un impatto significativo sulla conformità della qualità degli articoli prodotti. Un modo per garantire una qualità elevata dei materiali in ingresso è proprio quella di verificare la qualità di un singolo lotto e di accettare o respingere tutti gli altri in base al risultato ottenuto nei test. I rischi associati a questo tipo di controllo sono legati ai costi (più è ampio il campione esaminato e più crescono) e alla tipologia e durata del test progettati. Diversamente, il controllo di qualità durante la produzione si preoccupa di pianificare e controllare la qualità del prodotto durante lo svolgimento del processo; qui sono fondamentali le scelte sia delle postazioni di ispezione che delle modalità di ispezione. Il numero e la posizione delle stazioni di ispezione dipendono da diversi fattori come: il layout del sistema, il tipo di produzione, i vincoli di progettazione (ad esempio il tempo a disposizione per l'ispezione, la qualità media dei prodotti e il limite del budget).

La misurazione delle performance delle attività e dei processi aziendali richiede la definizione di un sistema di indicatori che permetta di rappresentare, in un quadro

unitario e prospettico, la capacità dell'impresa di perseguire i propri obiettivi di breve, medio e lungo periodo. Un buon sistema di indicatori a misura delle prestazioni permette la rilevazione tempestiva di criticità che altrimenti, con la sola contabilità, potrebbero essere rilevate troppo tardi. Gli indicatori sono fondamentali per monitorare i processi della propria azienda e dei propri concorrenti sul mercato. I fattori principali in cui possono essere distinti gli indicatori sono efficacia, efficienza o miglioramento del processo.

Definito il contesto e gli obiettivi di produzione aziendali, l'indicatore è inteso come entità che rende operativo un obiettivo; spesso per raggiungere tale risultato non è sufficiente un solo indicatore ma è necessario un set. Un buon indicatore deve soddisfare diversi requisiti tra cui l'oggettività, in modo da evitare deviazioni dalla manifestazione in esame. Tuttavia, può essere altrettanto importante introdurre indicatori soggettivi che rappresentino utili complementi a quelli oggettivi, in quanto consentono di valutare le eventuali divergenze tra ciò che le risorse umane riferiscono e ciò che viene catturato dagli indicatori oggettivi. Alcuni indicatori chiave sono:

- **Indice di difettosità**: esprime il numero totale di pezzi difettosi rilevati in un determinato periodo di tempo, lungo tutto il processo, rapportato al numero di unità prodotte nel medesimo intervallo temporale. Valori contenuti dell'indice di difettosità possono fornire utili informazioni relative alla naturale affidabilità del processo o alla insufficiente o inefficace intensità del controllo.
- **Indice di soddisfazione del cliente finale**: la misura della soddisfazione del cliente costituisce un input rilevante per i processi interni di miglioramento e innovazione delle caratteristiche del prodotto, per i processi di produzione e per i processi di comunicazione e relazione con i clienti.
- **Grado di soddisfazioni dei responsabili**: lo scopo può essere quello di valutare ognuno degli addetti che si occupano delle varie mansioni, prendendo in considerazioni interviste agli addetti con questionari preimpostati che permettono alla dirigenza di ottenere un feedback fondamentale per l'azienda. È importante che, affinché non ci sia alienazione da parte dei lavoratori, questo indicatore sia elevato.
- **Compatibilità tra i dati forniti dal SI e i dati registrati relativi alle prove**: ogni dato relativo alle prove svolte in laboratorio sul controllo qualità deve essere riscontrabile in egual modo nel database aziendale.
- **Tasso di precisione delle misure effettuate**: il Controllo di Accettazione di un prodotto consiste in misurazioni e analisi condizionate sia dal prodotto stesso sia dalle risorse impiegate. Per questo motivo, si propone in alcuni casi di replicare le misurazioni stesse, in modo da ottenere riscontri sulla precisione del processo tramite un confronto tra le diverse misurazioni. Tale tasso si misura come il rapporto tra l'errore sistematico e il valore della grandezza.

- **Deviazione sistematica degli standard valutativi tra i diversi operatori**: nello svolgere la propria mansione un operatore fa riferimento anche a standard valutativi di carattere soggettivo preservando la comparabilità degli standard utilizzati; ogni prova deve poter essere interrotta e ripresa da un altro agente senza che il risultato muti. Si propone di verificare un'eventuale deviazione valutando il rapporto tra il numero di unità difettose riscontrate periodicamente da ogni operatore con il numero di unità difettose attese per il numero di operatori.
- **Tempo medio di risposta ai reclami dei clienti**: è importante per l'immagine dell'azienda ricevere riscontri positivi da parte del cliente e quindi valutare eventuali reclami cercando di ottimizzare i tempi medi di risposta per questi.
- Tempo di attraversamento tra il rilascio di un ordine in produzione e il completamento di tutte le attività di produzione (**Lead time**): tra l'accettazione di un ordine e la produzione effettiva da parte dell'azienda, intercorre un certo tempo che bisogna monitorare in modo che il tempo di evasione dell'ordine sia il più rapido possibile. Viene calcolato come differenza tra tempo di evasione e tempo di rilascio dell'ordine da parte del cliente. Tale indicatore è un tempo che coinvolge tutto il processo.

Gli indicatori presentati sono riferiti a diversi livelli di dettaglio e nell'analisi di misurazione e monitoraggio è importante tener presente sia il punto di vista operativo sia quello economico. Considerare una grossa mole di indicatori è molto importante ed efficiente per un'azienda, ma comporta anche numerosi costi; pertanto, è necessario per ogni azienda classificare gli indicatori in primari e secondari, dando maggior precisione e importanza ovviamente a quelli primari e nel momento in cui dovessero essere riscontrati problemi processuali rilevati dalle misurazioni di questi indicatori è opportuno consultare gli indicatori secondari che sono quindi di supporto ai principali, in modo da rilevare le cause nel più breve tempo possibile. Per un'impresa, l'incremento della qualità del prodotto risulta essere uno dei fattori più importanti al fine di mantenere un vantaggio competitivo nel mercato. Applicare e sostenere miglioramenti sulla qualità richiede elevati costi (costi della qualità); quando si fa riferimento a costi dovuti a inefficienze, difetti e scarsa qualità invece si può parlare di costi della non-qualità. Questi ultimi possono avere origine da diversi tipi di attività per diversi reparti, i quali possono incidere sulla qualità del prodotto/servizio. Gli investimenti da parte dell'impresa atti a migliorare la qualità comportano quindi una riduzione dei costi globali dovuti a: riduzione rilavorazioni, uso efficiente dei materiali e del tempo, riduzione degli errori.

Per ogni azienda è importante minimizzare la presenza di non conformità all'interno dei propri prodotti; questo perché la vendita di un prodotto difettoso comporterebbe

vari costi e perdita d'immagine. Per questo motivo, il controllo della qualità in accettazione è una delle attività più importanti. Gli incentivi basati sul controllo qualità possono richiedere più tempo per la configurazione ma hanno il potenziale più grande. Un programma di incentivi può ricompensare i lavoratori che continuano a produrre lavoro superiore o incoraggiare coloro che già lavorano bene per eccellere. La somma in denaro destinata a tale attività può variare in base all'utile registrato dall'impresa o a seconda dell'importanza che è stata attribuita al concetto di qualità. Attraverso un giusto sistema di incentivi migliora l'attenzione ai controlli che porta di conseguenza un innalzamento della qualità e una soddisfazione del personale per il buon lavoro riconosciuto.

3.5.2 Il contributo dell'intelligenza artificiale nel controllo qualità

Il controllo della qualità si basa ancora in larga misura sulla capacità visiva degli esseri umani e sulla loro limitata capacità di prendere in considerazione e adattarsi a condizioni potenzialmente variabili. Le ispezioni manuali in un ambiente di produzione sono spesso distruttive e possono essere lunghe e talvolta pericolose. Oggi, il **machine learning** e gli algoritmi di **depth learning** contribuiscono alla crescente automazione del controllo qualità nelle catene di produzione. Il controllo qualità viene effettuato utilizzando macchine dotate di intelligenza artificiale e software di riconoscimento delle immagini che riducono significativamente il numero di pezzi difettosi e i costi elevati che ne derivano. L'ispezione visiva, a differenza di molti metodi tradizionali, è un metodo non distruttivo per il rilevamento di difetti durante il processo produttivo. Questa offerta è in continuo miglioramento, seguendo l'evoluzione delle tecnologie di Computer Vision. Il risparmio deriva dall'aumento della qualità dei prodotti e dalla riduzione dei costi di ispezione. È importante oggi addestrare gli ispettori esperti alla ispezione visiva, sulla base di un gran numero di immagini, al fine di riconoscere ed etichettare i difetti da identificare in seguito.

La tradizionale ispezione visiva comprende:

- Metodi analitici basati su regole di misurazione e OCR (Optical Character Recognition)
- Settimane per riprogrammare l'analitica da adattare ai nuovi prodotti e scenari
- Difficile da scalare a causa del sistema proprietario all-in-one approccio (cattura e poi analisi)
- Richiede manutenzione per aggiornare il firmware e software che hanno un impatto sul rendimento di produzione
- Sistema chiuso estensibile solo dal fornitore
- Segnalazione locale specifica per singola funzione

Vantaggi delle intuizioni visive cognitive:

- Giorni per ri-formare l'analitica per adattarsi ai nuovi prodotti e scenari
- Facile da scalare, agnostico a qualsiasi acquisizione di immagini
- Non sono necessarie finestre di manutenzione utilizzando le tecnologie cloud
- Piattaforma di Big Data Analytics per guidare più scenari di ottimizzazione su più celle di lavoro

Il nuovo metodo offerto da IBM: IBM Visual Insights facente parte del portafoglio di prodotti **IBM Watson**[9] IoT for Manufacturing è molto interessante in termini di miglioramento della qualità del processo. Il metodo è sviluppato nel seguente modo: confronta le immagini ad alta definizione del piano di produzione con una libreria di immagini che mostrano difetti noti, per rilevare i difetti di parti, componenti, assemblaggi e prodotti. Il cuore della soluzione è il riconoscimento avanzato delle immagini e l'analisi cognitiva, insieme all'apprendimento continuo delle macchine. Il riconoscimento delle immagini avviene attraverso sensori, che possono essere adattati al particolare prodotto e ai tipi di difetti da identificare, quali: fotocamera professionale, telecamere a infrarossi, controllo ad ultrasuoni per la saldatura, scansione in linea con laser. Model Manager e gli scienziati dei dati utilizzano la loro esperienza combinata per mettere insieme una libreria di immagini di difetti noti, che rappresentano parti buone e non buone, da confrontare con le immagini catturate dal reparto produttivo. Un'immagine "non buona" può includere componenti mancanti su un circuito stampato, ad esempio, bolle di vernice, graffi superficiali, etichette errate o corrosione, tra le molte altre possibilità. Ogni particolare prodotto può avere decine di immagini che rappresentano una varietà di difetti tipici, che sono classificati dal Model manager per consentire un facile riconoscimento. Le capacità cognitive analizzano le immagini, confrontando parti buone con parti non buone, per sviluppare un modello cognitivo che può essere applicato ai server di calcolo di bordo collegati alle telecamere in fabbrica. Se un'immagine catturata dalle telecamere ad alta definizione di fabbrica corrisponde a un difetto noto nella libreria di immagini, il guasto verrà segnalato per la revisione. Poiché è improbabile una correlazione del 100% tra due elementi, il supervisore dell'ispezione può impostare una soglia accettabile, al di sotto della quale verrà generata una notifica per la revisione. Ad esempio, se un modello cognitivo determina che c'è una perfetta corrispondenza tra un'immagine di ispezione e un'immagine difettosa, il livello di affidabilità sarà del 100%. Se l'immagine di ispezione non corrisponde esattamente, ma sorprendentemente simile, il livello potrebbe essere inferiore, ad esempio l'85%. Questa metrica consente agli

[9] IBM Watson: è un sistema di *cognitive computing* che oltre ad essere in grado di seguire regole di logica e applicare principi matematici sa **ragionare.**

ispettori di rivedere gli elementi con livelli di sicurezza che scendono al di sotto della soglia predeterminata e di applicare l'esperienza umana per identificare nuovi tipi di difetti. Le capacità cognitive di IBM Visual Insights consentono l'apprendimento e il miglioramento continuo, in quanto il modello riceve il feedback dagli ispettori umani.

Alcuni **esempi** di come l'uso di tale intelligenza artificiale abbia reso il **controllo** più efficace sono illustrati di seguito:

1. La soluzione Visual Insights di IBM consente a un produttore leader di LCD (Liquid Crystal Display) di ridurre i tempi di ispezione e migliorare la produttività. Infatti, se si facesse l'ispezione manuale dei pannelli si avrebbe un tempo di attesa di 30 minuti per lotto; con l'utilizzo dell'ispezione cognitiva automatica la potenziale riduzione di tempo di attesa è di 26 minuti (circa 87%) e complessivamente è previsto un miglioramento della produttività di circa il 7%.
2. La soluzione VI (Visual Insights) controlla la configurazione dei dischi freno su una linea di assemblaggio-macchine di un grosso produttore e a differenza del sistema tradizionale di ispezione visiva, che genera falsi allarmi a meno che l'immagine non sia perfetta portando ad inutili arresti della linea che si ripercuotono sull'intera produzione, questa soluzione riesce con altissima precisione ad individuare i difetti, riducendo gli arresti inutili e migliorando la produttività.
3. Le ispezioni tradizionali sul materiale rotabile sono lunghe e costose, mentre attraverso l'uso della soluzione IBM l'ispezione sarà più precisa e rapida.
4. I pannelli solari richiedono diverse ispezioni visive per garantire massima efficienza. L'ispezione manuale tradizionale è molto costosa, a differenza di quella Visual Insights che permette delle ispezioni termiche con una precisione di circa il 97% e una conseguente potenziale riduzione dei costi complessivi dell'ispezione.

Non solo IBM ma anche tanti altri suoi competitors hanno sviluppato soluzioni simili: un sistema che identifica i difetti sulla linea di montaggio per aumentare la qualità e l'efficienza, sfruttando il Deep Learning, in grado di imparare cosa sono i difetti e poi identificarli in tempo reale. Il processo di controllo qualità spesso non è semplice da gestire, non solo per i diversi materiali e modelli da gestire, per le diverse logiche produttive (ad esempio il Just in Time) ma soprattutto per la difficoltà a gestire i processi di miglioramento continuo in quanto vengono raccolti pochi dati sui difetti. Con l'impiego dell'intelligenza artificiale nel controllo qualità vengono incamerati e memorizzati tutti i dati sui difetti riscontrati, dati fondamentali per:

- ogni prodotto in tempo reale in modo da aiutare gli operatori di produzione e automatizzare le attività di ispezione visiva.

- le statistiche, per fornire miglioramenti continui sul processo di assemblaggio e sulla progettazione del prodotto. Infatti, fornire statistiche sulla linea di assemblaggio aiutano a ridurre la creazione di difetti nell'assemblaggio "Non è possibile migliorare ciò che non si misura".
- il proofing, per tracciare la qualità e condividerla con il cliente.

Alla base di queste tecnologie ci sono le Deep Neural Networks e le Artificial Neural Networks. Le prime sono formate da “neuroni” organizzati in strati. Diversi strati possono eseguire diversi tipi di trasformazioni sui loro input. I segnali viaggiano dal primo strato (ingresso), all'ultimo strato (uscita). Possono risolvere problemi molto difficili a granulometria variabile, dal riconoscimento dei bordi e delle texture, alla classificazione degli oggetti. Le Artificial Neural Networks (ANNs) sono sistemi di calcolo ispirati alle reti neurali biologiche che costituiscono i cervelli animali. Tali sistemi imparano, migliorano progressivamente le prestazioni prendendo in considerazione esempi, generalmente senza una programmazione specifica.

Per migliorare la qualità del prodotto e per l’identificazione delle cause alla radice dei difetti bisogna implementare un efficiente catena di montaggio, fornendo linee guida in tempo reale agli operatori di assemblaggio e di controllo qualità, aiutando l'operatore della stazione di rilavorazione a capire dove si innescano i difetti e raccogliere un numero sufficiente di immagini nell'ambiente giusto. Inoltre, è necessario definire attentamente l’integrazione della linea di produzione e come collocare la giusta infrastruttura di supporto artificiale.
Concludendo, il beneficio ricavato dall’apporto dell’intelligenza artificiale non riguarda solo il campo della produzione ma, come è illustrato nell’esempio seguente, abbraccia diversi campi. Infatti, una grossa compagnia assicurativa, per mezzo di un algoritmo Convolutional Naural Network (appartenente alla famiglia delle tecniche Deep Learning) sviluppato da un’importante società di consulenza mondiale, è riuscita ad attivare una tecnica di elaborazione automatica dei sinistri:

L’azienda, dall’invio di una foto da parte dei clienti della loro auto danneggiata, vorrebbe avere la possibilità di rilevare automaticamente il livello di danno, quantizzarlo e utilizzarlo, ad esempio, per ordinare pezzi di ricambio ed eventualmente individuare eventuali frodi. La società di consulenza ha sviluppato l’algoritmo di Deep Learning utilizzando un insieme di immagini di auto danneggiate e con un’accuratezza del 90% viene rilevato automaticamente il livello di danno. I vantaggi sono notevoli:

- la compagnia assicurativa risparmia sull'invio di un essere umano per valutare il danno
- individuazione precoce dei difetti rispetto ad un’ispezione manuale
- riduzione del tempo di ispezione

- il danno quantizzato e di conseguenza il preventivo sarà più oggettivo.

Il tutto si traduce in un maggior risparmio anche economico, in maggiore efficienza e quindi in maggiore qualità del tipo di processo aziendale.
Nel capitolo successivo vedremo in maniera più approfondita l'intelligenza artificiale nei diversi campi.

3.6 Lo sfruttamento dell'AI per sviluppare processi di predictive maintenance

Con una maggiore responsabilizzazione dei consumatori, l'invecchiamento delle infrastrutture, la volatilità dei prezzi delle materie prime, più severi standard di conformità e una forza lavoro che invecchia, le organizzazioni devono ridurre i costi operativi per rimanere competitivi. Troppo spesso, tuttavia, le organizzazioni non solo non hanno visibilità sulle prestazioni dei loro beni, ma non hanno visibilità sulla prevedibilità. Massimizzare la produttività degli asset e garantire che i relativi processi siano il più efficiente possibile sono aspetti chiave per le organizzazioni che si sforzano di ottenere forti ritorni finanziari. L'impatto, che ad esempio una linea di produzione, una rete elettrica, un tubo per l'acqua di città non funzioni o non funzioni come dovrebbe, sui processi operativi a valle e sulla soddisfazione del cliente può essere catastrofico per un'impresa. Affrontare questi problemi inoltre, costa alle organizzazioni da centinaia di migliaia a milioni di dollari all'anno e quindi è importante trovare una soluzione. In un rapporto del 2014 di Aberdeen Group Analyst Insight "Asset Management: The Changing Landscape of Predictive Maintenance", si afferma come, attraverso un'indagine tra i dirigenti di alcune organizzazioni, il rischio numero uno per il fallimento di una struttura organizzativa è quello di credere nella lungimiranza dei beni fisici aziendali, assicurando che siano disponibili, affidabili e performanti come originariamente previsto. Tuttavia, tale rischio può diventare un'opportunità. Le aziende più performanti si affidano alle analisi relative alla manutenzione, alla sicurezza e alle attrezzature sostitutive per pianificare le spese in conto capitale, gestire i loro beni su base giornaliera e massimizzare le prestazioni degli asset. Oggi, le organizzazioni lungimiranti si affidano alla manutenzione predittiva per andare oltre la manutenzione preventiva e programmata e per garantire le prestazioni degli asset e la qualità della produzione. I costi operativi complessivi vengono ridotti riducendo al minimo i tempi di fermo macchina e migliorando l'efficienza dei processi operativi.

3.6.1 Ma cos'è realmente la manutenzione predittiva?

La manutenzione predittiva "è un approccio che consente ai responsabili della manutenzione, della qualità e delle decisioni operative di **prevedere** quando un bene ha bisogno di manutenzione". Grazie allo sviluppo di tecnologie di analisi predittive e di

business intelligence, i grandi player mondiali di sviluppo tecnologico offrono ottime soluzioni per una manutenzione predittiva efficace. La manutenzione predittiva si basa sulla generazione della quantità di dati sulla performance delle apparecchiature e dei sistemi, dati purtroppo non sempre utilizzati nella corretta maniera o utilizzati solo per scopi a breve termine. Tuttavia, questa quantità di dati storici può contribuire alla creazione di modelli predittivi e scoperta di trend prestazionali delle apparecchiature. Per farlo i dati raccolti devono essere trasformati in dati concreti. La produzione di modelli predittivi a partire da questi dati è solo di valore; in questo modo, le azioni di manutenzione permettono di **prevedere** e **prevenire**, invece di *riparare e sostituire*, riducendo i costi di produzione e l'utilizzo di manodopera, aumentando le prestazioni del processo produttivo grazie alla riduzione di eventi imprevisti. Trovare il modo di agire sulle intuizioni predittive è tipicamente però una delle maggiori sfide nel conseguimento dei benefici. Ostacoli all'azione includono: la resistenza delle risorse umane, pratiche consolidate basate sulla conoscenza e il giudizio delle persone chiave. Tuttavia, poiché la popolazione di tecnici di manutenzione esperti è di età prossima al pensionamento, diventa sempre più importante catturare il loro **knowhow** sulla manutenzione attraverso la generazione di dati per sviluppare i modelli predittivi. Le informazioni sulle macchine e sulle attività produttive sono costantemente ottenute grazie alla connettività dell'IoT. I sensori intelligenti sono in grado di monitorare le apparecchiature, raccogliere dati in tempo reale e condividerli nel cloud. In questo modo l'organizzazione può evitare, ridurre costosi tempi di fermo macchina e ridurre i costi di manutenzione. Successivamente, le informazioni vengono analizzate e sulla base di tecniche come: le reti bayesiane, distribuzione Weibull, regressione lineare e logistica, analisi delle serie temporali, C5, CHAID, QUEST, Kaplan-Meier e reti Kohonen, si vanno a creare modelli statistici e modelli per fare previsioni sulle esigenze di manutenzione. Tali soluzioni rilevano anche piccole anomalie e guasti e i processi operativi che sono a maggior rischio di fallimento. Questa identificazione precoce di problemi aiuta a implementare risorse di manutenzione limitate in modo più economico, massimizzando i tempi di attività delle apparecchiature e migliorare la qualità e i processi della catena di approvvigionamento con conseguente aumento della soddisfazione del cliente. Gli studi dimostrano che le organizzazioni che applicano l'analisi dei dati superano i loro coetanei, favoriscono una crescita più elevata e riescono ad adottare tempestivamente azioni correttive per ridurre i costi e di conseguenza aumentare la qualità.

3.6.2 L’impatto della manutenzione predittiva nei processi aziendali

La manutenzione predittiva ha un impatto enorme all'interno di un'azienda, in quanto non gioverà solo ai problemi di manutenzione, ma in primo luogo, può migliorare la qualità, riducendo i malfunzionamenti dei macchinari che possono causare

problemi di qualità ai prodotti. Inoltre, un'analisi predittiva dei guasti delle macchine consente alle aziende di **ridurre i costi di inventario**, il **costo delle scorte** eccessive per i componenti delle attrezzature e la probabilità che la scorta non sia esaurita. Anche la garanzia andrà a beneficio, in quanto attraverso i dati acquisiti, è possibile evidenziare la causa alla radice di un reclamo e i relativi problemi di qualità che possono aiutare il fornitore a migliorare le attività di R&S e prevedere i costi di garanzia che l'azienda dovrà sostenere in futuro. Inoltre, sarà possibile allocare correttamente il budget per il processo di manutenzione e, grazie ai dati sulle performance degli asset, è probabile che sia possibile determinare meglio l'attuale capacità produttiva aiutando l'ufficio vendite nel processo decisionale. Infine, la produttività del personale aumenterà in quanto è possibile coordinare la forza lavoro per avere le figure professionali al momento giusto quando necessario.

In termini di impatto economico, il rapporto McKinsey "**The Internet of Things: Mapping the Value Beyond the Hype**" ha stimato che la manutenzione predittiva può:

- Ridurre i costi di manutenzione dal 10% al 40%;
- Ridurre i tempi di fermo macchina fino al 50% estendendo il ciclo di vita delle apparecchiature;
- Ridurre l'investimento in macchinari dal 3% al 5%;
- Generare un valore economico di 360 miliardi di dollari all'anno nel 2025.

Quindi, nonostante le attività nei diversi settori industriali siano diverse tra loro, le azioni di manutenzione predittiva sono simili tra loro e possono agevolare le organizzazioni nel:

- Ridurre al minimo i problemi di qualità e affidabilità del prodotto e soddisfare gli orari di consegna al cliente.
- Ottimizzare l'inventario dei pezzi di ricambio per ridurre i costi di magazzino associati a stockouts e overstocks.
- Prevedere le richieste di garanzia per aumentare la soddisfazione del cliente.
- Migliorare le vendite e la pianificazione delle operazioni per ridurre costi operativi.
- Informare i team di pianificazione e budgeting sui prossimi problemi prima del verificarsi di costose avarie in caso di eventi costosi.

3.6.3 L’applicazione della manutenzione predittiva sulla linea di produzione

Gli arresti della linea di produzione sono dovuti a manutenzione programmata regolarmente o a guasti non programmati delle apparecchiature. L'esecuzione di una manutenzione tempestiva è fondamentale per evitare guasti che possono comportare

costose interruzioni della produzione, ma affidarsi a un programma fisso può comportare costi superiori al necessario sia per i componenti che per la manodopera. Inoltre, aumentare semplicemente le attività di manutenzione programmata o assumere più personale addetto alla manutenzione è un costo proibitivo. Le soluzioni di manutenzione predittiva utilizzano il ricco set di **dati** anagrafici e di eventi che i produttori hanno già a disposizione, come ad esempio le attrezzature tipo, numero di giorni di funzionamento, tensione di esercizio, giorni di funzionamento, giorni dall'ultimo intervento all'intervento successivo, cronologia guasti, costi per manutenzione programmata e non programmata, analisi delle parti, ecc. Un processo completamente automatizzato analizza questi dati in tempo reale, rileva rapidamente il guasto e identifica la causa alla radice del problema e in tal modo lo stato di ogni asset viene aggiornato così da poter creare un piano di manutenzione in cui le ispezioni e/o la manutenzione sono effettuate per prevenire i fallimenti. L'aggiornamento dello stato degli asset in tempo reale permette di identificare quindi anche l'affidabilità degli stessi, eliminando così la necessità di spegnere una linea semplicemente per eseguire regolarmente la manutenzione programmata che potrebbe non essere davvero necessaria.

3.6.4 Il futuro della manutenzione predittiva

Oggi, grazie allo studio del Gruppo Aberdeen pubblicato nell'articolo del 2015 "**Maintenance, Repair, and Operations: The Rise and Role of Remote Assets**" è possibile affermare che l'applicazione della manutenzione predittiva in ambiente industriale sta producendo risultati impressionanti. Nonostante ci sia ancora un piccolo numero di aziende che hanno già implementato questa innovazione basata sull'internet of things, le **aziende "best-in-class"** hanno **ridotto i tempi di inattività** imprevisti al **3,5%,** hanno **migliorato l'efficienza dei macchinari all'89%** e hanno **ridotto i costi di manutenzione del 13%** in un anno.

In futuro, con lo sviluppo delle tecnologie, il costo dei sensori, dei grandi dati e delle analisi diminuirà finché le loro prestazioni aumenteranno. Pertanto, se ora la Manutenzione Predittiva è tipicamente adottata da grosse aziende, in futuro sarà disponibile anche per le aziende con limitate possibilità di investimento. Inoltre, una volta che le vecchie apparecchiature dovranno essere cambiate, saranno introdotti nuovi macchinari abilitatori dell'IoT, offrendo la possibilità di una lenta trasformazione dell'IoT anche per le **PMI**.
Inoltre, i fornitori di apparecchiature hanno la possibilità di sfruttare la connettività dell'internet of things, con nuovi servizi per i loro clienti e differenziare i loro prodotti. Rispetto ai diversi servizi offerti, è possibile differenziare il tipo di contratto offerto

con diversi modelli di prezzo per creare migliori relazioni con i clienti e, allo stesso tempo, aumentare i loro ricavi.
La manutenzione predittiva crea opportunità anche per gli attori non direttamente coinvolti nella catena di fornitura. Un esempio è il caso del settore assicurativo per il quale è importante disporre di tutte le informazioni sulle prestazioni e sull'attività dei macchinari in quanto così ridurranno la loro responsabilità.

Considerando l'impatto di questa tecnologia, il numero di aziende che stanno investendo nella manutenzione predittiva è in aumento. Alla Hannover Messe, nel 2017 sono stati proposti dei **casi d'uso per l'implementazione di sistemi avanzati**, applicazioni e strategie per definire soluzioni di **manutenzione predittiva per il 4.0**:

- ContiTech: Implementazione di campi magnetici per l'identificazione dei difetti sui prodotti finiti;
- Eurodata: Descrizione dei potenziali sistemi per la gestione delle attività di manutenzione predittiva e di controllo qualità attraverso lo sfruttamento di dati di macchine esistenti raccolti da sensori ed analizzati;
- IBM: Applicazione della manutenzione predittiva utilizzando il sistema Watson per il caso concreto sviluppato per Kone al fine di creare ascensori intelligenti. In questo caso, lo stato di salute degli asset può essere monitorato raccogliendo dati da sensori per consentire l'Asset Management & Monitoring e valutare le codifiche ambientali.

3.6.5 Studio Mckinsey Global Institute e la stima dei benefici della Predictive Maintenance

Lo studio del **Mckinsey Global Institute** del 2015 pone l'attenzione sull'IoT e su come questa tecnologia abilitante dell'industry 4.0 permetta l'interoperabilità degli oggetti creando valore per le aziende, i consumatori e per l'economia. Come già detto, la **Predictive Maintenance** non può essere efficiente senza **l'IoT** e dallo studio emergono nove aree in cui IoT può creare valore, tra cui "la fabbrica" per la quale attraverso l'internet of things è possibile eseguire una corretta manutenzione preventiva. Le nove aree sono: human, home, retail environments, offices, factories, worksites, vehicles, cities, outside (Fig. 13)

Setting		Description	Examples
	Human	Devices attached to or inside the human body	Devices (wearables and ingestibles) to monitor and maintain human health and wellness; disease management, increased fitness, higher productivity
	Home	Buildings where people live	Home controllers and security systems
	Retail environments	Spaces where consumers engage in commerce	Stores, banks, restaurants, arenas—anywhere consumers consider and buy; self-checkout, in-store offers, inventory optimization
	Offices	Spaces where knowledge workers work	Energy management and security in office buildings; improved productivity, including for mobile employees
	Factories	Standardized production environments	Places with repetitive work routines, including hospitals and farms; operating efficiencies, optimizing equipment use and inventory
	Worksites	Custom production environments	Mining, oil and gas, construction; operating efficiencies, predictive maintenance, health and safety
	Vehicles	Systems inside moving vehicles	Vehicles including cars, trucks, ships, aircraft, and trains; condition-based maintenance, usage-based design, pre-sales analytics
	Cities	Urban environments	Public spaces and infrastructure in urban settings; adaptive traffic control, smart meters, environmental monitoring, resource management
	Outside	Between urban environments (and outside other settings)	Outside uses include railroad tracks, autonomous vehicles (outside urban locations), and flight navigation; real-time routing, connected navigation, shipment tracking

Figura 13: Le 9 aree in cui l'IoT può creare valore

Fonte: McKinsey Global Institute analysis

Secondo Mckinsey oggi solo **l'1%** dei dati raccolti tramite i sensori vengono sfruttati. In fabbrica le applicazioni dell'internet of things hanno il potenziale per creare un valore da 1,2 trilioni di dollari a 3,7 trilioni di dollari all'anno nel 2025. Il maggiore potenziale di creazione di valore sarà l'ottimizzazione delle operazioni, rendendo più efficienti i vari processi all'interno della fabbrica. Ciò include l'uso di sensori, piuttosto che il giudizio umano per regolare le prestazioni dei macchinari; comprende anche l'uso di dati provenienti dai macchinari di produzione per regolare i flussi di lavoro. Tutto ciò avviene mediante il monitoraggio e la regolazione a distanza dei macchinari, sulla base dei dati dei sensori provenienti da diverse parti dell'impianto (e anche da un impianto all'altro). Dopo l'ottimizzazione delle operazioni, le applicazioni più importanti dell'internet degli oggetti in fabbrica sono la manutenzione predittiva e l'ottimizzazione dell'inventario. La manutenzione predittiva prevede l'utilizzo di sensori per monitorare continuamente i macchinari, per prevedere ed evitare i guasti e determinare quando sarà necessaria la manutenzione, piuttosto che affidarsi alla manutenzione regolarmente programmata.
Nella figura seguente (Fig. 14) è espresso l'impatto economico che l'IoT può creare entro il 2025 e vediamo come al terzo posto si parla proprio di Predictive Maintenance:

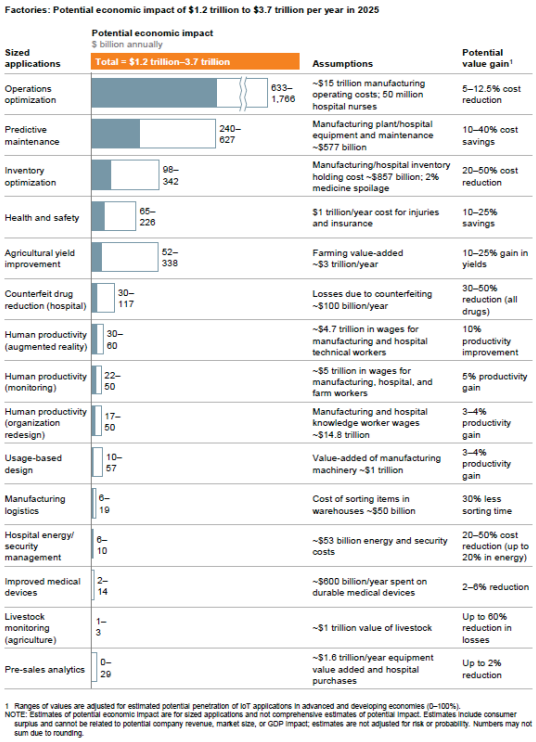

Figura 14: L'impatto economico dell'IoT

Fonte: McKinsey Global Institute analysis

Grazie ai sensori e alla connettività, è possibile monitorare le apparecchiature di produzione in tempo reale, il che consente nuovi approcci alla manutenzione che possono essere molto più economici, migliorando sia l'utilizzo della capacità produttiva che la produttività della fabbrica, evitando guasti che possono interrompere la produzione. Questo permette di prioritizzare e ottimizzare le risorse di manutenzione. In sostanza, come già detto, l'internet degli oggetti può trasformare il modello di manutenzione da un modello di riparazione e sostituzione ad uno per prevedere e prevenire. È importante sottolineare che, con i dispositivi dell'internet degli oggetti interconnessi, è possibile monitorare le prestazioni di tutte le macchine in modo sistematico non solo all'interno dello stesso plant ma anche tra macchine di plant differenti. Infatti, dalla ricerca emerge come molti fornitori di attrezzature utilizzano l'IoT per fornire la manutenzione continuativa sotto contratto e garantire che le macchine abbiano il tempo di attività concordato. Essi monitorano continuamente i macchinari presso la fabbrica in modo da poter effettuare la manutenzione a distanza in tempo reale, ad esempio spingendo una patch software. Possono anche raccogliere dati sulle prestazioni per contribuire a migliorare la progettazione e l'affidabilità delle loro attrezzature.

McKinsey stima che la manutenzione predittiva potrebbe **ridurre i costi di manutenzione delle apparecchiature di fabbrica dal 10 al 40%**. Inoltre, una migliore manutenzione predittiva con l'internet degli oggetti può ridurre i tempi di inattività delle apparecchiature del 50 per cento e ridurre gli investimenti in attrezzature dal 3 al 5 per cento, prolungando la vita utile dei macchinari. Nel settore manifatturiero, questi risparmi hanno un potenziale impatto economico di quasi 630 miliardi di dollari all'anno nel 2025. La manutenzione predittiva può andare a **vantaggio anche del settore sanitario**, che in genere spende dal 5 al 10% del loro budget di capitale per la manutenzione delle attrezzature. Se la manutenzione predittiva potesse ridurre questi costi del 40%, aumentare la durata di vita delle apparecchiature, si stima che il valore per gli ospedali di tutto il mondo potrebbe essere 70 miliardi di dollari all'anno nel 2025. Come la fabbrica anche il “worksites” e tutte le attrezzature da cantiere possono beneficiare della manutenzione preventiva.

Concludendo, applicando i metodi della predictive maintenance i benefici ricavati possono essere molteplici e a cascata coinvolgono anche l’area del controllo qualità, di cui si è parlato nei paragrafi precedenti, essendo i due processi strettamente collegati.

Capitolo Quarto

4. Business Case: gestione dei materiali MRO (Maintenance, Repair, Overhaul)

4.1 Introduzione al business case MRO

Nel mio periodo di stage ho avuto l'opportunità di lavorare ad un progetto, venduto ad un cliente nell'ambito automotive, basato sulla supply chain.

In questo capitolo descriverò proprio il tipo di progetto, l'attività da me svolta all'interno di esso e le possibili soluzioni trovate per il miglioramento della gestione della supply chain del cliente. I capitoli precedenti sono stati preparatori per la stesura di questo capitolo, in quanto sono stati trattati tutti argomenti utili nello studiare ed individuare una soluzione al progetto al quale ho lavorato.
In particolare nel capitolo uno, sono state esaminate le nuove tecnologie emergenti con l'avvento della Industry 4.0 (quarta rivoluzione industriale), ivi compreso l'IA che è stata successivamente sviluppata nel capitolo terzo.
Nel capitolo secondo, viceversa, sono state studiate macroscopicamente diverse tecniche introdotte nell'ultimo periodo del secolo scorso, per apportare migliorie ed efficienza nella supply chain.
Prima di introdurre il progetto, è bene però spiegare il contesto (automotive) nel quale è ambientato il business case in questione ed in particolare è opportuno chiarire la supply chain nel mondo automotive.

4.1.1 Il concetto di Supply Chain

La supply chain indica il processo di trasformazione delle materie prime in prodotto finito da consegnare al cliente. All'inizio della catena ci sono i produttori dei Raw Materials poi i fornitori che immettono gli input, i quali vengono trasformati durante la fase produttiva in output da consegnare e distribuire al cliente nella fase finale della catena (Fig. 15).

Figura 15: Supply Chain Management

Fonte: https://www.openpr.com/news/1167165/Global-Supply-Chain-Management-Systems-Market-Research-Report-Industry-Analysis-Report-Regional-Outlook-Application-Development-Potential-Price-Trends-Competitive-Market-Share-Forecast-2023.html

Tutte le procedure a monte vengono definite upstream e comprendono tutte quelle che fanno confluire il materiale all'interno dell'organizzazione, mentre quelle a valle del processo, chiamate downstream permettono l'uscita di materiali dall'azienda al cliente. Allo stesso modo la logistica si divide in: logistica inbound e outbound. La logistica inbound è a supporto ti tutte le operazioni a monte della produzione, come: ricezione materiali, lo stoccaggio, vari processi di fabbricazione che servono per produrre l'output finale. La logistica outbound, viceversa, riguarda tutte le attività a valle che consentono l'uscita del prodotto finito dai magazzini. A monte della supply chain è fondamentale la negoziazione con i fornitori per l'approvvigionamento di materie prime, in quanto il costo del materiale incide fortemente sulla redditività dell'azienda.

4.1.2 La Supply Chain nel mondo Automotive

Il mondo Automotive ha subito negli ultimi anni ha subito numerosi cambi di tendenze, numerosi sviluppi e ciò ha contribuito in questo settore al cambiamento della supply chain, in particolare:

- Il numero di fornitori di materie prime/ componenti da assemblare è diminuito;
- Diminuendo il numero di fornitori cambia anche la distribuzione del valore aggiunto tra questi;
- Produzione non più localizzata ma ormai dispersa in diverse aree geografiche.

È fondamentale evidenziare com'è costituito il mondo automotive, formato da due principali tipi di produttori: quelli di veicoli, chiamati anche **OEM**, ovvero Original Equipment Manufacturer e quelli di componenti, chiamati anche **fornitori di parti**.

L'evoluzione della supply chain è dovuta soprattutto ai costruttori che col tempo hanno delegato, dato in outsourcing sempre più la produzione di componenti, finendo per essere degli assemblatori di parti meccaniche ed elettroniche, mantenendo però il controllo su prezzi e quantità. Tutto ciò è reso possibile proprio grazie alle tecniche, "**lean tools**" illustrate nel capitolo secondo. Infatti, il fatto che i costruttori siano diventati dei grandi centri di assemblaggio di parti o moduli già prodotti è facilitato dal Just In Time e dalla Lean Production in generale, che permette la produzione di lotti più piccoli e la diminuzione delle scorte. L'inseguimento del perfetto coordinamento tra fornitore e costruttore, inoltre, fa sì che, non ci sia un'interruzione della linea produttiva e di assemblaggio, attraverso il JIT, agevolando la formazione di rapporti contrattuali più forti tra le parti coinvolte, una maggiore distribuzione del valore tra le parti, che induce il fornitore a lavorare meglio, ad investire in attività di ricerca e sviluppo in modo da rafforzare la relazione con il costruttore, rendendola duratura nel tempo.

Così come gli OEM hanno delegato la produzione delle parti, gli stessi fornitori delegano a loro volta la produzione di componenti ad altri. Difatti, è raro trovare un fornitore che dalla materia prima trasforma un output pronto per essere solo assemblato dal costruttore; si assiste spesso ad una catena di fornitori, che si susseguono in diversi livelli in base alla loro attività produttiva. Esistono i fornitori di primo livello che forniscono la materia prima ai fornitori di secondo livello, i quali la lavorano e fabbricano dei piccoli componenti che vengono trasferiti ai fornitori di terzo livelli, che a partire dai componenti in entrata producono i pezzi-moduli che vendono ai costruttori. I fornitori di terzo livello sono pochi e rappresentano la classe di fornitori, su citata, che, avendo il rapporto diretto con il costruttore, traggono maggior vantaggio, rispetto agli altri, dalla distribuzione del valore.

La catena di approvigionamento esiste per diverse ragioni:

- Specializzazione: molte aziende hanno una forte specializzazione in determinate attività mentre in altre hanno scarse competenze e quindi danno quest'ultime in outsourcing. Ad esempio, è raro che gli OEM vendano le auto dopo averle prodotte, in quanto non hanno competenze in questo campo ma, di solito quest'attività spetta ai concessionari;
- Regolamentazione: molti stati non permettono agli OEM di vendere direttamente al consumatore il prodotto finito, ma obbligano il passaggio per i concessionari;
- Costo-opportunità: una grossa casa automobilistica potrebbe anche produrre pezzi tra loro molto diversi che servono entrambi al prodotto finito, come motori e pneumatici. Tuttavia, una delle due attività ad esempio la

produzione di pneumatici potrebbe allontanarsi molto dal suo core business e quindi le conviene acquistare pneumatici da terzi;

- Per alcuni prodotti non si raggiungono economie di scala: ai produttori di automobili non conviene produrre chip, in quanto il loro sviluppo è molto costoso e la loro implementazione sulle auto, nonostante oggi sia necessaria, rispetto agli altri componenti è minore; pertanto gli OEM acquistano chip dall'esterno altrimenti non ammorterebbero il costo.

4.1.3 Sistemi di gestione ERP e i benefici nelle realtà aziendali

A seguito di una crescente complessità della struttura aziendale è stato necessario sviluppare sistemi di gestione ed organizzazione delle svariate attività aziendali. **ERP**, Enterprise Resource Planning e APS, Advanced Planning and Scheduling sono due software nati proprio per supportare la gestione aziendale. Uno studio[10] molto recente del Politecnico di Milano afferma che in Italia circa il 42% delle grandi aziende ha implementato un software di gestione che coinvolge anche le relazioni ed informazioni dei fornitori o dei clienti. L'utilizzo di questi sistemi è oggi fondamentale in quanto permettono di gestire dati, le informazioni in un tempo estremamente ridotto; dati utili non solo alla gestione ma su cui riflettere per prendere le decisioni aziendali. I dati vengono raccolti all'interno dell'organizzazione, attraverso informazioni di processi, informazioni delle risorse, tuttavia vengono raccolti anche dati provenienti dall'ambiente esterno, dalle relazioni intraprese ad esempio con altre aziende.
Negli anni '90, le aziende produttrici di software iniziarono a sviluppare software in grado di gestire più aree funzionali, diverse tra loro come: finanza, distribuzione e vendite, sviluppo prodotto, marketing, controllo, amministrazione. Gli attuali sistemi ERP abbracciano tutta la supply chain, inglobando altri sistemi utilizzati in specifici punti della supply chain: **CRM** (Customer Relationship Management, che aiuta a gestire la catena a valle, occupandosi della gestione dei rapporti con i clienti, del supporto post-vendita), **SCM** (Supply Chain Management, che aiuta a gestire la catena tra produttori, grossisti affinché sia efficiente e vada a favore delle esigenze del cliente), **TPS** (Transaction Processing System, consente di automatizzare le attività operative ripetitive, tra le quali l'emissione di fatture e il controllo del magazzino). Oltre a questi tre sistemi operativi abbraccia anche sistemi a livello più alto, tra i quali: Data Warehouse, Business Intelligence, Decision Support System.

Oggi il 40% del mercato ERP è dominato dalla produttrice tedesca SAP e la sua forte presenza ha creato una volgarizzazione del marchio e banalmente (si noterà anche

[10] Bertelè U., Perego A., Balocco R., Corso M. (2018), Osservatorio Fatturazione Elettronica & eCommerce B2b, "Fatturazione Elettronica: nuovo impulso per il Digital B2b", Politecnico di Milano

dopo nel business case) si sente sempre più spesso che le aziende stanno implementando SAP, ma magari è un altro sistema ERP. A seguire la produttrice tedesca, ci sono Microsoft e Oracle e poi piccoli produttori che adattano le loro soluzioni principalmente a PMI, per le quali la gestione dei dati è nettamente inferiore rispetto ad una multinazionale o grande impresa.

ERP è un sistema dotato di un'architettura modulare; ogni modulo è dedicato ad un'area aziendale ed indipendente dagli altri quindi l'ERP può essere venduto tutto insieme o a singoli moduli. In base al tipo di fornitura se completa o meno, cambia il tempo di implementazione del software, tempo che può variare tra qualche mese ad un paio di anni anche in base alle dimensioni aziendali e al settore di appartenenza. I moduli dell'ERP sono:

- accounting management;
- customer relationship management;
- e-business;
- financial management;
- human resources management;
- manufacturing management;
- production management;
- sales & distribution management;
- supply chain management;
- transportation management;

4.1.4 Vantaggi e svantaggi dei sistemi gestionali ERP

L'adozione dei sistemi ERP garantisce diversi **vantaggi**:

a) *efficienza dei processi aziendali*: i dati caricati sono univoci; è assegnata la responsabilità di essi, ovvero è tracciabile quando e da chi sono stati inseriti; si aggiornano in tempo reale.
b) *Coinvolgimento di tutte le aree aziendali*: raccogliendo i dati da ogni funzione-reparto aziendale, l'ERP non collegala solo le funzioni di uno stesso livello, ma nasce il collegamento anche in verticale, tra i diversi livelli, consentendo ai livelli alti di agire in modo corretto e fare le giuste analisi laddove necessario.
c) *Processi standardizzati*: utilizzando tutte le unità lo stesso sistema, si assiste ad un processo di standardizzazione di attività e dei comportamenti delle risorse umane per mezzo dei controlli e della tracciabilità della responsabilità dei dati, rendendo il processo più efficiente.

Tuttavia, l'implementazione del sistema ERP comporta anche delle **criticità** diverse caso per caso e quindi da valutare preliminarmente, se possibile, in caso di attuazione:

a) Innanzitutto, non bisogna mai dimenticare che questi sistemi sono nella maggior parte dei casi in continua evoluzione e quindi non va sottovalutato il costo aggiuntivo a quello iniziale che potrebbe esserci per fare gli aggiornamenti, per il personale che deve eseguirli.
b) Uno dei principali motivi dell'adozione degli ERP è la gestione dei dati, delle informazioni per avere un quadro sempre aggiornato della situazione aziendale. Fondamentale è capire fin dall'inizio da dove provengono i dati, se sono puliti, se vengono da fonti affidabili. Una volta raccolti bisogna fare uno screen di quelli davvero utili all'organizzazione, quindi bisogna fare una razionalizzazione, pulizia del database aziendale, ma spesso questo è un punto di criticità perché le aziende non conoscono bene l'affidabilità dei propri dati e ciò non permette loro di fare una corretta pulizia. Questo aspetto sarà fonte di riflessione durante la conclusione del caso aziendale, trattandosi proprio di un caso basatosi sulla razionalizzazione del database.
c) Tempo di implementazione lungo.
d) Costo elevato: l'implementazione di un sistema ERP è molto costosa, può arrivare fino a diversi milioni di euro. Il costo come già detto non si ferma alla sola implementazione, ma durante tutto il periodo di utilizzo verranno affrontati dei costi (come quelli citati nel punto a)).

Nonostante i suddetti aspetti critici, se implementato correttamente, oggi, è davvero utile un software di gestione globale. L'ERP inoltre, può essere:

- **Personalizzato** in base alle esigenze aziendali; tuttavia quest'opportunità dilata il tempo di attuazione e gonfia il costo.
- **Esteso** collegandolo ad altri sistemi o aggiungendo moduli e anche questo comporta dei costi aggiuntivi.

Infine, quando viene adottato l'ERP è necessario fare del training alle risorse perché la sua implementazione cambia il modo di operare ed è del tutto normale assistere ad un calo della produttività dovuta all'utilizzo di nuove adozioni, al fatto che le risorse devono imparare ed assimilare tutte le nozioni che stanno alla base dei nuovi sistemi e un successivo miglioramento dell'efficienza aziendale a fronte dell'aver appreso la nuova tecnica e abbandonato del tutto la precedente.

4.2 Business case: MRO Project

Durante la mia esperienza di stage presso una delle grandi società di consulenza mondiale, ho avuto la possibilità di lavorare ad un progetto per un cliente automotive. Il progetto è nato nel 2016 e comprendendo un arco di tempo lungo è stato suddiviso in **tre waves**, ognuna con la relativa mailestone; la prima wave è la più corposa, mentre la seconda e la terza sono più piccole ed io ho partecipato alla **wave 2**.

Il **cliente** è un grosso produttore automotive, presente con diversi stabilimenti e centri di ricerca in tutto il mondo. Nel 2017 il numero di dipendenti era di circa 63.365, mentre il fatturato dello stesso esercizio è stato di **27,9 miliardi di dollari**. Il cliente ha commissionato questo progetto al fine di ricevere una consulenza, un metodo e supporto per attività di "**Spare Part Management**" che vanno dall'acquisizione all'implementazione di ***materiali indiretti*** in diversi plant produttivi. Considerando le diverse **regions** in cui opera il cliente, illustrate in figura seguente (Fig. 16):

Figura 16: plant e stabilimenti del cliente

la commessa è stata stabilita per la sola **region Emea** che comprende ben 24 plant produttivi (Fig. 17):

Figura 17: i 24 plant della region Emea

L'**obiettivo** del progetto è quello di ottimizzare la gestione dei materiali indiretti (MRO) del cliente. Per materiali indiretti si intende tutti quei materiali che non confluiscono direttamente nel prodotto finito ma che servono per la creazione dello stesso. Materiali MRO (Maintenance, Repair, Overhaul) stanno ad indicare appunto materiali di manutenzione, riparazione e revisione ed essi possono essere distinti in due tipologie:

- *Commercial* MRO: materiali di ricambio, manutenzione o ausiliari generici per il prodotto finito.
- *Specific* MRO: materiali specifici, prodotti e disegnati per lo specifico cliente.

Nel perimetro di progetto rientrano solo i materiali commerciali. Ogni materiale viene codificato con una serie numerica e prende il nome, all'interno del database, di **Part Number (PN)**.

Partendo dalla razionalizzazione dei database dei diversi materiali MRO nei plant Emea lo scopo principale è quello di far raggiungere al cliente una riduzione dello spending, per mezzo di una riduzione dello stock e provando a sfruttare le economie di scala.

I 24 plant sono molto diversi tra loro, anche per quanto riguarda le dimensioni e inoltre sono spesso gestiti in maniera diversa, senza seguire una stessa guida comune e ciò comporta una complessità elevata nella gestione e organizzazione dei materiali,

che può facilmente ostacolare il risparmio auspicabile. I materiali indiretti sono molteplici e in base ai cataloghi dei fornitori vengono classificati e codificati, ma spesso la codifica avviene in modo differente nei 24 plant proprio per la scarsa standardizzazione comune tra essi. È importante pertanto evidenziare i possibili punti critici e cercare di individuare una soluzione che dia un metodo analogo per i 24 plant.

Le **complessità** riscontrate riguardano la comunicazione linguistica, programmi di gestione differenti, inefficienza del sistema di acquisto degli stabilimenti.

Riguardo alla comunicazione linguistica, essendo plant dislocati in diverse zone europee spesso gli addetti alla compilazione del database utilizzano la propria lingua d'origine e non ad esempio l'inglese, lingua di standardizzazione mondiale per eccellenza. Innanzitutto, quindi, si è cercato di unificare dal punto di vista linguistico i database di ogni plant proprio per dare una prima fase di standardizzazione comune. È importante poi unificare i sistemi di gestione all'interno dei plant. Infatti, si è visto che non tutti utilizzavano il sistema di gestione **SAP** e quindi il secondo passo è stato quello di implementare SAP in tutti quei stabilimenti in cui non veniva utilizzato e in tal modo i 24 plant possono comunicare molto più facilmente con il dipartimento centrale MRO, il quale utilizza proprio SAP e lavorando con standard di processo riesce a supportare l'ottimizzazione dei materiali tra i diversi plant. Il software SAP utilizzato è stato poi customizzato per il cliente in base alle esigenze di quest'ultimo, (Fig. 18):

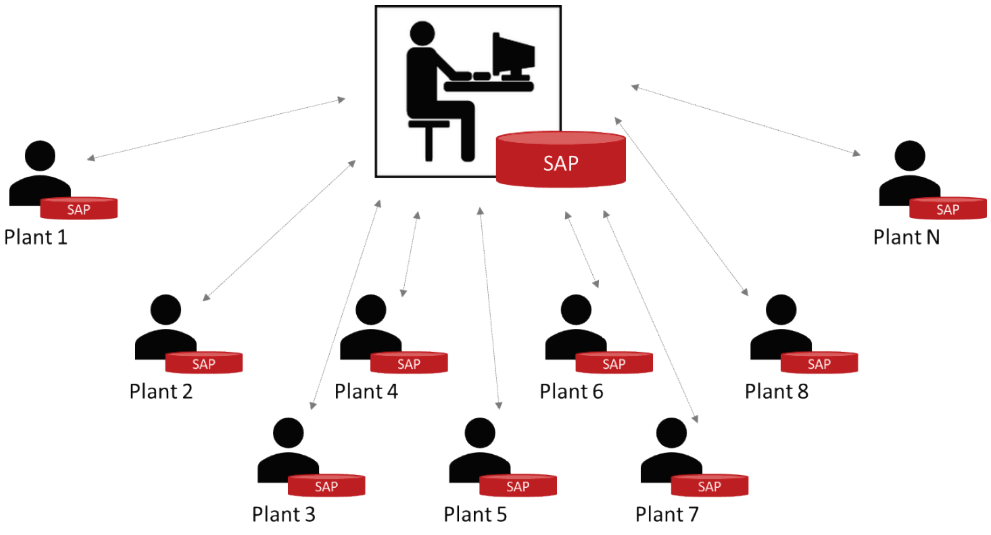

Figura 18: Nuovo modello di Governance

Infine, è risultato inefficiente il sistema di acquisto degli stabilimenti in quanto ognuno tendenzialmente ordina al fornitore il materiale basandosi sul bisogno immediato, ciò determina un sovraccarico del sistema di gestione dei dati e molte volte per tale causa i materiali vengono piazzati in categorie diverse. È fondamentale capire che questi tre aspetti critici sono fonti di spreco, concetto quest'ultimo non del tutto chiaro ancora a molte aziende. Basti pensare al fatto che se una stessa società non riesca a standardizzare tra le diverse sedi un linguaggio comune e non riesca a standardizzare la gestione dell'anagrafica dei materiali indiretti tra le diverse sedi, questo può incidere sullo spending dell'impresa per più del 15%. Infatti, la grande mole di materiali da gestire senza un'anagrafica comune non permette di identificare duplicati, prodotti identici o quasi tra i diversi plant e non solo, soprattutto all'interno di uno stesso plant. Ogni plant acquista materiali da diversi fornitori e molto probabilmente le caratteristiche tecniche di questi materiali indiretti sono equivalenti nonostante il fornitore sia diverso. I troppi fornitori presenti nel processo di acquisto creano un ulteriore fonte di spreco di spending e quindi anche qui è importante andare a razionalizzare.

Per mezzo di una razionalizzazione dei fornitori è plausibile raggiungere una standardizzazione dei materiali tra i diversi plant che genererebbe risparmi. I risparmi nascono dallo sfruttamento di economie di scala dovute alla diminuzione del costo unitario di acquisto di materiali indiretti a seguito di un aumento delle quantità richieste ad uno stesso fornitore, essendo il numero di fornitori diminuito con la razionalizzazione. In tal modo oltre al risparmio si può soddisfare anche l'altro scopo del progetto, ovvero quello di ridurre lo stock in ogni plant, grazie all'eliminazione di qualsiasi item identificato come duplicato o equivalente.

4.2.1 Attività concordate durante il Kick off meeting al fine di garantire l'obiettivo del cliente

Dopo una fase preliminare di valutazione tra il team di consulenza e il cliente, effettuata a livello Emea per identificare i potenziali miglioramenti nella gestione dei materiali MRO, sono stati stabiliti i seguenti **target**:

1) Creazione di un **modello centrale di governance MRO**:
    i) Creazione e rimozione di PNs, definire come gestire i PNs.
    ii) Definizione di procedure di pianificazione/inventario: norme contabili per la valorizzazione dell'inventario dei PNs, regole per identificare PNs strategici.
2) Implementazione di un sistema centrale **Master Data**:
    i) Definizione di una nuova struttura di classificazione.

ii) Classificare correttamente i diversi PNs in accordo con la nuova struttura definita.

3) **Performare l'arricchimento e la razionalizzazione dei PNs**:
   i) Inserire per ogni PN l'informazione riferita codice del Manufacturer.
   ii) Compilare ogni attributo che viene fuori dalla classificazione del PN.
   iii) Identificazione dei potenziali duplicati.
   iv) Identificazione dei potenziali equivalenti.
   v) Preparazione del modello di caricamento dati arricchiti sul Master Data.
4) **Ottimizzare** le politiche e le procedure di **inventario**:
   i) Definizione dettagliata della pianificazione e della strategia di inventario a livello di impianto, ad esempio politiche di riapprovvigionamento, principali parametri di pianificazione.
   ii) Definizione e convalida dei PN in overstock, obsoleti e idonei al reimpiego interno / rivendita esterna.
   iii) Definizione del perimetro di ogni wave (PN, volumi, baseline, specifiche tecniche).

Le prime tre attività sono quelle principali su cui si sviluppa il progetto e verranno trattate con maggior dettaglio nel paragrafo successivo. Sono attività sviluppate già in wave 1, riprese in wave 2 e verranno a loro volta riprese anche in wave 3, con l'obiettivo di formare le risorse interne del cliente per svolgere e sostenere i diversi flussi di attività in autonomia, grazie al fatto che nei mesi delle diverse waves le risorse possano imparare dal team di consulenza e accrescere il proprio knowhow.

4.2.2 Il perimetro di definizione e la gestione MRO

Spesso nelle nostre realtà imprenditoriali, non si tiene in debito conto degli effetti che il Maintenance, Repair e Operations (MRO) può influire in maniera determinante sulle prestazioni aziendali. Infatti, molte aziende hanno una concezione aprioristicamente inesatta degli MRO, nella convinzione che gli stessi rappresentino unicamente un bene a perdere o da rimpiazzare. La scelta di tale metodologia comporta una riduzione della capacità produttiva, contenendo gli impieghi nelle scorte, con squilibri sui tempi di inattività che se lunghi creeranno detrimento del core-business. Fortunatamente assistiamo di recente ad un approccio diverso da parte di numerose aziende, con la percezione che una corretta pianificazione e oculata gestione degli MRO, comporta un miglioramento dei rendimenti, con contenimento delle scorte al livello minimo.
L'individuazione per una specifica azienda delle **tipologie** di cui fanno parte gli **MRO** può procedere secondo la tabella qui di seguito riportata (Fig. 19), che imposta la spesa totale in quattro segmenti basilari:

Segment Name	Corporate / Back Office Indirects	General MRO	Industry-Specific or Strategic Materials and Services	Raw Materials
Description	Non-production support categories typically residing in back office corporate functions	Industrial maintenance, repair, and overhaul materials and services supporting manufacturing	Higher spend, higher criticality categories directly impacting manufacturing or production; this segment will vary by industry	Direct inputs to the end product; these are the most strategic and typically higher spend
Industry Commonality	**High** - Common across all industries	**Medium/ High** - Common across Resources and Manufacturing industries, used in other industries	**Low/ Medium** - Not common across most industries, but similar across companies within an industry	**Low/Medium** - Not common across industries, may vary company by company within an industry
Illustrative Categories (may vary by company)	• IT (HW, SW, Services) • Telecom • Facilities Mgmt • HR Services (recruiting, training) • Marketing Services • Professional Svcs (audit, cons, legal) • Travel • Temporary Labor • Security Services • Office Supplies • Office Equipment	• Electrical • Pipe, Valves, Fittings • Bearings/ Power Transmission • Hydraulics • Safety Supplies • Hand & Power Tools • Fasteners • Abrasives • Cutting Tools • Hoses, Seals, Gaskets • Heating & Ventilation • Instrumentation • Lifting Devices • Welding Supplies	**Plant Services** • Engineering • Construction/ CAPEX • Environmental • Testing/Calibration **Steel Industry Examples** • Refractories • Mill Rolls • Rolling Oils **Mining Industry Examples** • Mill/ Crusher Liners • Grinding Media • Explosives	• Energy or Utilities (e.g. Natural Gas, Electricity, Steam) **Steel Industry Example:** • Iron Ore • Scrap • Coal/ Coke • Ferroalloys • Lime • Tin • Zinc

Figura 19: I quattro segmenti per l'identificazione dei MRO

Fonte: MRO Sourcing Handbook

A tal proposito si segnala che l'United Nations Standard Products and Services Code (UNSPSC), per agevolare la creazione di un **albero merceologico** nelle aziende orientate ad implementare un processo di ottimizzazione, ha delineato una suddivisione delle categorie per tipologia di prodotti.

Una percezione del **primo livello**, secondo lo United Nations Standard Products and Services Code (UNSPSC) e il Nord American Industry Classification System (NAICS) dalla quale avrà inizio una classificazione più nel dettaglio (più livelli), viene qui di seguito riportata (Fig. 20).

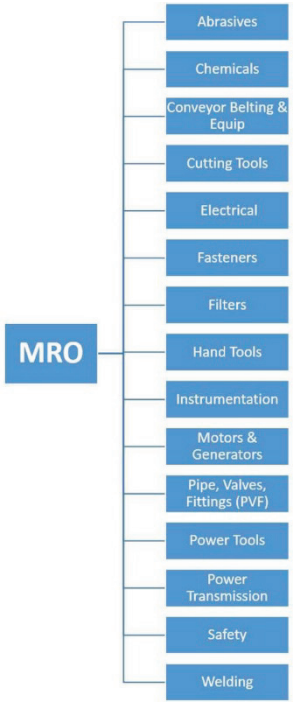

Figura 20: Classificazione secondo UNSPSC e NAICS

Fonte: www.unspsc.com

È evidente che tutte le sottocategorie MRO, implicano materiali e servizi, come ad esempio, in molte sottocategorie di utensili meccanici o manuali come "mechanical spare parts" o "hand tools" la spesa d'acquisto non dipende solo dal materiale in sé, ma, essendo questi oggetti per la maggior parte formati da più pezzi, anche dall'acquisto o riparazione delle diverse parti. I servizi dedicati ai materiali MRO posso essere diversi in ogni impresa, essenzialmente posso accadere due casi:

1) Processo visto come una sottocategoria separata, costituita da servizi specifici per riparazioni e manutenzioni industriali, etc.;
2) Processo visto come una categoria generale che comprende diversi servizi e materiali.

Quindi le aziende in via preliminare hanno la possibilità di partire già da un livello di avviamento impostato per attuare un raggruppamento dei propri prodotti, e nel contempo possono personalizzare e creare una classificazione che contenga classi differenti o utilizzare diversi livelli di dettaglio per cercare di identificare in modo quasi univoco gli svariati prodotti. Si ritiene opportuno precisare a tal proposito, che l'utilizzazione di numerosi livelli potrebbe generare, stante la complessità articolata del sistema inefficienze nella gestione. Nel caso applicativo riportato, si potrà notare nei paragrafi successivi, che la classificazione concordata tra il mio team e il cliente è di ben tre livelli e per quelle classi in cui vengono incanalati molteplici items, ad esempio la classe dei prodotti meccanici, non ha alcun senso aumentare la specificità dei livelli

(in particolare il livello 3) poiché il processo diventerebbe troppo complesso e comunque non ci sarebbe una sotto-classe univoca per ogni prodotto considerato.

Nello schema di seguito riportato (Fig. 21) vengono rappresentati i diversi punti di **valore** su cui bisogna agire per determinare il processo di approvvigionamento. Conseguenza della complessità di gestione di tale processo, **MRO sourcing** viene inteso soprattutto come parte del processo di supply chain, anziché come un'attività strategica di sourcing.

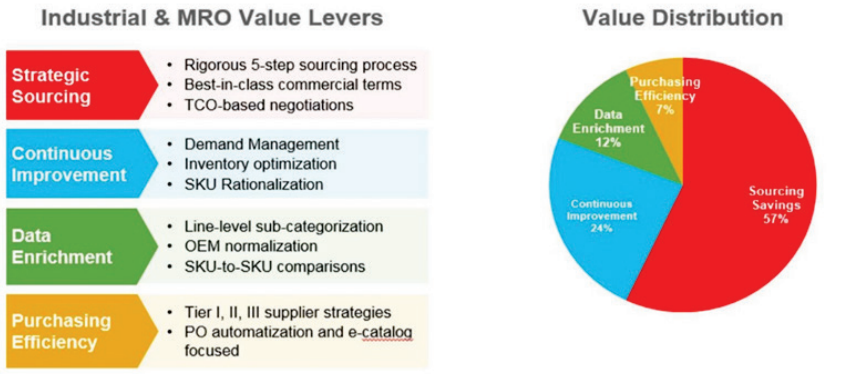

Figura 21: Leve per l'approvvigionamento

Fonte: MRO Overview Workbook

Lo schema di cui innanzi, illustra le relative fonti di valore in ogni area di miglioramento e chiaramente, esse cambiano a seconda del tipo di azienda, del suo contesto e delle categorie, ma sicuramente non forniscono una linea guida, pertanto il valore chiave sta nell'attività di MRO sourcing.

Un tecnico diligente addetto all'approvvigionamento di una categoria di MRO, deve considerare l'intera catena del valore e non soffermarsi esclusivamente sul prezzo di acquisto. Infatti, l'estrema variabilità del mercato ha modificato le priorità di molte compagnie recando nuovi interessi nella ricerca di nuove alternative che possano portare miglioramenti nella gestione degli MRO.

Nell'ambito dei sistemi produttivi, è opportuno individuare un processo che consenta di migliorare l'inventario di ogni stabilimento, a partire dalla definizione della struttura di classificazione materiali MRO, così come riportato nello schema di seguito (Fig. 22). Dalla analisi della situazione iniziale, si dovranno individuare i materiali indiretti attivi e quelli obsoleti, procedere con l'eliminazione dei materiali obsoleti; mentre

bisognerà per tutti gli items attivi passare alla fase di razionalizzazione e ricodifica, valendosi dei codici commerciali dei manufacturer, facilitando così la selezione di potenziali duplicati ed equivalenti. Tuttavia, ai fini di una corretta razionalizzazione, i materiali obsoleti dovranno essere eliminati ma bisognerà tener traccia di tale informazione (materiale obsoleto) nel database.

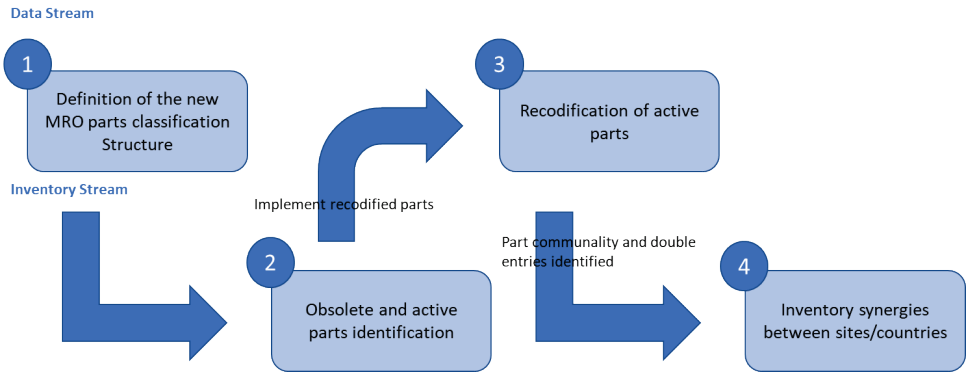

Figura 22: Step per l'ottimizzazione dell'inventario

Fonte: MRO Overview Workbook

4.2.3 Pianificazione e gestione dell'inventario

Generalmente gli items MRO chiave vengono immagazzinati nei pressi degli impianti di produzione di un'impresa, in quanto la mancata presenza o la rottura di un componente MRO essenziale può rallentare o addirittura interrompere la linea produttiva. In funzione della struttura dell'azienda, la gestione dell'inventario MRO potrebbe appartenere alla catena di fornitura oppure riguardare il sito di produzione. Ovviamente emerge senza ombra di dubbio che ci sono forti legami tra stabilimento ed inventario MRO e come già detto, un grande approvvigionamento dovrebbe tener conto per ciascuna categoria di una visione generale dell'intera catena di fornitura.

Sinteticamente si può dire che il processo per ottimizzare l'inventario MRO può essere descritto con gli step sottostanti:

1) Innanzitutto, occorre estrarre dati dettagliati, specifici di inventario per ogni particolare categoria. In base ai dati raccolti bisogna definire gli item attuali, i livelli di stoccaggio e qualsiasi segmentazione che viene assegnata ad ogni item (A, B, C)[11];

[11] Il principio di Pareto o analisi A, B, C.

2) Sempre a seguire dalla raccolta dei dati, una volta analizzati del tutto, bisogna trovare delle soluzioni ed individuare i punti di raccolta chiave, la corretta organizzazione dei MRO. Per far ciò può essere utile considerare le informazioni contenute nei passaggi seguenti:

    a. Individuare opportunamente tutti i luoghi ufficiali e possibili di stoccaggio;
    b. Conoscere il numero e valore di **SKU** in ogni sede;
    c. Definire il sistema per stabilire i livelli di stoccaggio;
    d. Segmentare il magazzino, suddividendo i prodotti nella classe A, B, C in base alla criticità e alla frequenza di utilizzo;
    e. Utilizzo di sistemi che permettono la visibilità delle scorte a magazzino;
    f. Definire la percentuale di scorte possedute o gestite dai fornitori;
    g. Definire le modalità di rilascio items (magazzino, i distributori automatici, i rimorchi del fornitore);
    h. Individuare un sistema che crei per ogni item, anche nuovo, un codice univoco di identificazione;
    i. Creazione del MRO Master Data, utilizzando la distinta base e collegando i diversi item ai BOMs;
    j. Capacità di identificare i duplicati/equivalenti e i prodotti che sono stati sostituti;
    k. Calcolo del numero totale di item nel sistema;
    l. Inserire ed aggiornare i tempi di consegna;
    m. Garanzie: sugli acquisti, le entrate, la gestione e il rintracciamento degli item;
    n. Definizione del collegamento tra sistema di approvvigionamento e magazzino.

Una volta raccolti tutti i dati per i numerosi stabilimenti del cliente, 24 plant, bisogna andare ad individuare il perimetro di azione del progetto. A differenza della wave 1, in cui attraverso l'analisi di pareto svolta sui componenti, i fornitori e le possibilità di risparmio su ogni categoria, si è passati da circa 170.000 pezzi ad un perimetro di azione di circa 17.000; per la wave 2 si passati da circa 60.000 pezzi a circa **16.000** ordinando i componenti in ordine di spending decrescente. Da quest'ultima analisi, così come quella per la wave 1, è emerso che più del **70%** dei materiali presenti in ogni plant appartiene a ben **quattro categorie**: Cutting Tools, Mechanical spare parts, Electric parts e Fluid. Nonostante ciò il perimetro di azione dei 16.000 PNs riesce ad abbracciare tutte le categorie, esattamente 19 (Fig. 23), poco in più rispetto a quelle

prima indicate e identificate dallo United Nations Standard Products and Services Code (UNSPSC) e dal Nord American Industry Classification System (NAICS).

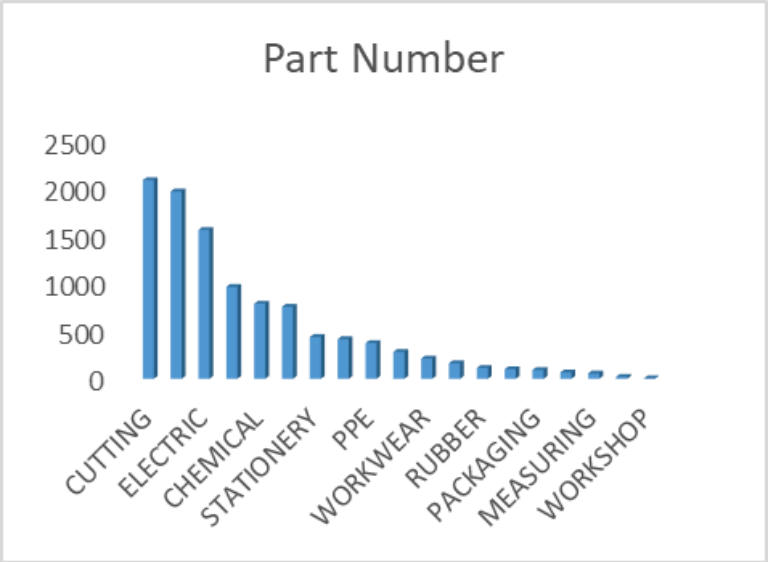

Figura 23: Perimetro di PNs considerati all'interno della wave 2

All'interno dello *scope* considerato, si cerca per i 24 stabilimenti di: sviluppare processi standardizzati, classificare i materiali opportunamente assegnando anche dei livelli di criticità, stimare l'inventario necessario, in modo da ridurre le scorte e tendere al JIT, definire dei KPI (Key Performance Indicator) da monitorare e individuare un chiaro organigramma di responsabilità per i diversi operatori. Infine, attraverso la fase di convalida di arricchimento del database, si cerca di individuare tutti quegli errori che non hanno permesso di evidenziare dei duplicati/equivalenti e quest'attività può essere vista come un'opportunità per definire una percentuale di risparmio in ogni categoria, in quanto è un'attività che comporta una riduzione dei costi totali e di mantenimento dei MRO.

4.2.4 La classificazione merceologica degli MRO

L'organizzazione all'interno dei 24 plant produttivi non è delle migliori in termini di MRO system, infatti, la registrazione dei materiali acquistati non avviene seguendo uno standard comune per tutti plant. La creazione di un **Master Data** in cui confluiscono le diverse informazioni trattate dai plant, dà la possibilità al cliente di avere un'unica visualizzazione globale e di standardizzare il processo il più possibile, impartendo le regole di codifica comune a tutti i plant considerati. La struttura del Master

Data è ad albero, più precisamente viene denominato **Master Data Structure**, formato dalle diverse categorie e sottocategorie di ogni classe merceologica. Avere una struttura di base condivisa da tutti i plant permette un'anagrafica uniforme e comune per i numerosi part number trattati, anagrafica nella quale ogni plant inserirà le caratteristiche ed informazioni di ogni materiale.
Per diminuire la complessità, rispetto alla wave 1 è stata fatta una modifica sul Master Data Structure, infatti dai quattro livelli (level 0, level 1, level 2, level 3) di wave 1 si è passati ad una struttura a soli tre livelli. In particolare, l'informazione del livello 0 era relativa alla tipologia di prodotto: prodotto ausiliare o prodotto di manutenzione; per snellire la ramificazione dell'albero, quest'informazione è stata spostata in un'altra posizione, che vedremo di seguito. Inoltre, alcune modifiche sono state fatte anche sul numero di gruppi/classi/sottoclassi dei livelli.

Ritornando alla wave 2, nel **livello 1** viene indicato il gruppo di prodotto, ovvero le 19 famiglie individuate e sopra citati, nel **livello 2** la classe di prodotto e infine il **livello 3**, quello di maggior dettaglio, specifica la sottoclasse degli items. Più nello specifico:

- Level 1*, gruppo di prodotto*: raggruppa i PNs nelle 19 famiglie individuate in base alla **caratteristica del prodotto**, all'utilizzo del prodotto nel sistema industriale, ad esempio è ovvio che una punta del trapano vada nei "cutting tools" mentre non certamente vero che una batteria del trapano vada negli elettrici, in quanto essendo quest'ultimo un componente accessorio ad un altro strumento (trapano) dovrà essere raggruppato nella famiglia "power supplier tools". Nella seguente tabella (Fig. 24) sono riportati i primi livelli del Master Data Structure:

Master Data Structure - Level 1	
ABRASIVE TOOLS	PACKAGING
CHEMICALS, FUEL AND INDUSTRIAL GASES	PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT (PPE)
CLEANING EQ. AND PROC./PROD. PROTECTION	POWER SUPPLIED TOOLS
CUTTING TOOLS AND INSERTS	RUBBER AND PLASTIC
ELECTRIC/ELECTRONIC SPARES AND MOTORS	STATIONERY AND OFFICE SUPPLIES
FILTERS, FILTRATION AND SPARES-ALL VECT.	WELDING MATERIALS
HAND-TOOLS	WORKSHOP FURNITURE AND EQUIPMENT
MEASURING INSTRUMENTS	WORKWEAR
MECHANICAL SPARE PARTS	
MEDICAL AND SANITARY PRODUCTS	
METAL PRODUCTS AND BOLTS	

Figura 24: Tabella leve1, wave 2

- Level 2, *classe di prodotto*: in questo livello ad ogni gruppo precedente vengono associate più classi, esattamente 105, a fronte delle diverse caratteristiche del prodotto riuscendo quindi ad individuare più **particolari del prodotto**;

ad esempio un *olio* utilizzato nell'ambito automotive, andrà nel gruppo "chemicals, fuel and industrial gases" e in particolare nella classe specifica *oils.*

- Level 3, *sottoclasse di prodotto*: ulteriore ramificazione dei livelli precedenti, 365 sottoclassi, è il livello che identifica del tutto la **funzionalità dell'oggetto**. Sempre riprendendo l'esempio dell'olio precedente, un olio industriale non è generico ma può avere diverse funzionalità evidenziate proprio in questo livello, infatti può essere un generico olio lubrificante, un olio lubrificante per scopi idraulici, un fluido da taglio, olio per trattamenti termici.

Fatta questa classificazione, per identificare nel dettaglio ogni singolo item e permettere la razionalizzazione richiesta, il Master Data Structure, contiene una serie di **caratteristiche tecniche**, specifiche per ogni tipologia di prodotto che consentono di classificare gli items per intero in modo quasi del tutto univoco. Il numero di caratteristiche tecniche varia in base alla classificazione dei livelli 1, 2 e 3 passando da un numero minimo di una sola caratteristica per prodotto ad un numero massimo di 28 caratteristiche per prodotto. Ogni caratteristica deve essere compilata con il suo valore corrispondente ricavato dalle informazioni del prodotto presenti nella **scheda tecnica**, **catalogo** predisposti dal fornitore dell'item od ottenute dal sito internet del fornitore, inserendo in quest'ultimo il **Manufacturer Commercial Code**.

Per agevolare la compilazione della giusta classificazione e di tutte le caratteristiche, sono stati creati degli **Handbook** per ogni famiglia di prodotto, che seguendo la struttura del Master Data Structure e attraverso immagini di oggetti per ogni famiglia, aiutano l'addetto alla compilazione a non commettere errori.

Altro aspetto fondamentale è la chiarezza e **univocità** delle classi, affinché durante la classificazione degli item si riducano al minimo le perplessità su dove collocare un determinato item. A tal proposito, nel mentre della validazione della wave 2, il mio team si è accorto che per un determinato componente la classificazione possibile era duplice, comportando nei diversi plant classificazioni diverse, andando contro la standardizzazione richiesta. L'item in questione è un prodotto che serve a coprire le calzature degli operai della produzione nelle attività come la verniciatura; è un semplice copri scarpa di materiale plastico. In realtà la duplice classificazione era indotta dagli handbook consultabili di due gruppi diversi, infatti, sia nell'handbook dei "Workwear" sia in quello dei "Personal Protective Equipment (PPE)" c'era l'immagine dell'item in questione, come illustrato di seguito (Fig. 25), che ha determinato classificazioni diverse tra i diversi plant. Questo è un evidente errore, poiché le classi devono essere necessariamente univoche altrimenti non si potrà mai arrivare né alla razionalizzazione per singolo plant né soprattutto alla razionalizzazione per i 24 plant. È stato opportuno quindi scegliere una sola classe e si è scelto di lasciare il prodotto nella

classe **PPE**, precisamente nella sottoclasse “accessori per scarpe” e rimuoverlo, aggiornando ovviamente gli handbook, dalla classe dei workwear.

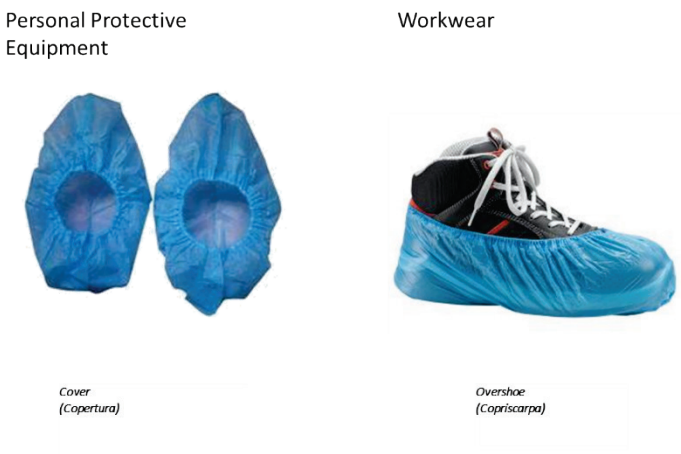

Figura 25: Classificazione diverse per uno stesso item

L’errore visto per fortuna è stato contenuto in quanto è un tipo di prodotto con un valore di spending molto basso, ma è tuttavia da correggere e da standardizzare per ridurre al minimo i costi e gli sprechi.

Il valore di ogni attributo/caratteristica tecnica che deve essere inserito per specificare ogni prodotto può essere di tre tipi:

- **Valore multiplo**, inserimento dell’attributo da un menu a tendina contenente valori che sono stati definiti in fase preliminare del progetto, in accordo con il cliente e che consentono la scelta dell’alternativa corretta per quella determinata caratteristica del componente;
- **Numerico**, inserimento di un valore numerico accompagnato dalla relativa unità di misura se si tratta di una caratteristica misurabile, ad esempio la “lunghezza dell’oggetto” o un semplice numero se si tratta ad esempio di un conteggio delle “quantità del packaging”;
- **Testo libero**, inserimento di un valore numerico, valore testuale per descrivere la specifica, ad esempio il valore del “codice standard” per un inserto.

Quindi, ricapitolando il Master Data Structure oltre a permettere la classificazione degli items in categorie permette **l’arricchimento degli attributi tecnici** per raccogliere più dati possibili su ogni prodotto, per categorizzarlo in modo preciso al

fine di confrontarlo con i prodotti simili o equivalenti e al fine di gestire efficientemente il magazzino. La figura seguente (Fig. 26) evidenzia un esempio per una determinata classificazione della completezza dell'albero merceologico.

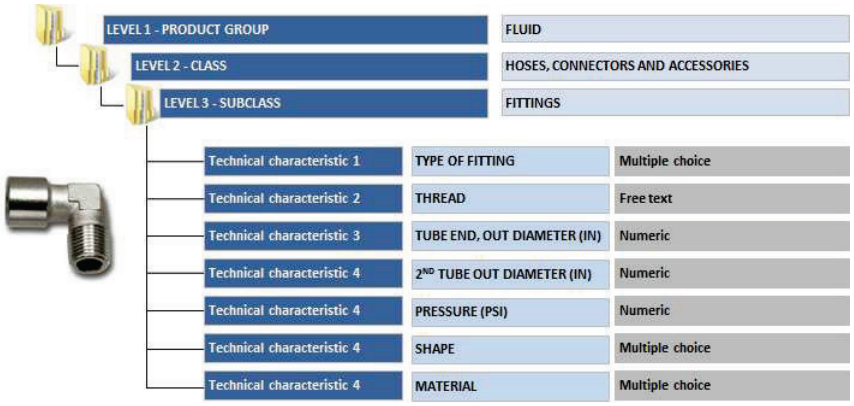

Figura 26: Esempio di organizzazione gerarchica dell'albero

Fonte: MRO Overview Workbook

4.2.5 Organizzazione dell'attività svolta dal team di consulenza

Definita la struttura di classificazione e il perimetro di progetto, la fase fondamentale che permette la razionalizzazione del database, obiettivo di progetto, è l'attività di arricchimento degli attributi tecnici. Per permettere tale attività, è importante creare una solida struttura che semplifichi il lavoro di arricchimento.

I **16.000 PNs di *scope della wave 2*** sono stati suddivisi in diversi "batch", esattamente 14. Ogni batch contiene diversi PNs dei 24 plant. Pertanto, il mio team di lavoro ha creato dei fogli di lavoro Excel per ogni plant in ogni batch; fogli contenenti diverse informazioni. In un primo foglio si trovano i dati estratti dal sistema SAP, ormai unificato, riguardanti:

- Codice part number, codice del plant, nome del plant;
- Breve descrizione del tipo di item;
- Codice del fornitore, nome del fornitore;
- Manufacturer commercial code.

Questi dati vengono poi importati sulle prime colonne di un altro foglio, mentre nelle colonne successive possono essere aggiunte delle informazioni supplementari per il prodotto, quali:

- **Tipologia di prodotto**: materiale ausiliare o di manutenzione (informazione che sostituisce il livello 0)

- Nel caso di **materiali non più in scope** al progetto, quali: materiali obsoleti, cancellati, out of scope, inattivi oppure passati al gruppo materiali diretti, bisogna riportare tale informazione in queste colonne.

Dopo queste colonne, il template mostra la parte dedicata alla classificazione di ogni componente e all'arricchimento dei relativi attributi.

Volta per volta i file di ogni batch vengono inviati ai plant e viene richiesta la **compilazione** del file al team di progetto di ogni plant. Una volta compilato il file, il plant lo invierà al suo responsabile MRO, che farà una prima verifica della compilazione avvenuta. Successivamente se il responsabile considera il file compilato correttamente, inoltra il file al mio team che eseguirà un ulteriore convalida, consultando le schede tecniche, l'internet link, i responsabili ed esperti di ciascuna categoria e solo dopo questa seconda verifica si passa allo step successivo di caricamento del file sul Master DB, database di progetto, che sarà così sempre aggiornato.

A differenza della wave 1, in cui l'arricchimento degli attributi spettava al nostro team di consulenza, nella wave 2, oltre alla preparazione dei file, del Master Data Structure, del Master DB, l'arricchimento è in capo al plant, mentre al nostro team spetta la **verifica dell'arricchimento** eseguito dal plant, l'aggiunta di un mancato arricchimento e infine l'esportazione di questi dati sul Master DB. La convalida da parte del mio team è stata inizialmente fatta a tappeto sul primo batch (circa **1000 part number**), mentre per i batch successivi si è passati invece ad una convalida a campionamento. Un esempio di template del Master Data Structure, importato poi sul Master DB, con template analogo, è espresso nella figura seguente (Fig. 27):

PN	Plant Code	Plant Name	Description	Supplier Code	Supplier Name	Manufacturer Name	Manufacturer Commercial Code	Additional information	Level1	Level2	Level3	Attribute 1	Value	Attribute 2	Value	Attribute 3	Value	Attribute 4	Value

Figura 27: Esempio template Master Data Structure

Per la razionalizzazione dei materiali si vanno a confrontare i diversi attributi quindi è importante che questa attività venga fatta correttamente, prestando attenzione e non commettendo errori. Si è deciso però di creare più step di convalida poiché è un'attività critica, in quanto essendo molto ripetitiva e poco stimolante, causa calo di attenzione che provoca facilmente a cascata errori nella compilazione degli attributi.

4.2.6 Razionalizzazione degli attributi tecnici

Una volta completata la fase di arricchimento degli attributi da parte del plant e la convalida da parte dello specialista di riferimento, il file è pronto per essere analizzato da me e il mio team. Durante la nostra convalida abbiamo riscontrato diversi errori,

nonostante sia avvenuta su ogni file pervenuto già una prima convalida dello specialista. Gli **errori tipici** maggiormente riscontrati che ostacolano la razionalizzazione successiva all'arricchimento sono riportati di seguito:

- Un primo errore riscontrato frequentemente è l'omissione dell'unità di misura per tutti quei valori numerici che richiedono la specifica dell'unità di misura. Questo errore è stato ritenuto grave e può essere chiarita la sua importanza attraverso un esempio mostrato in figura (Fig. 28):

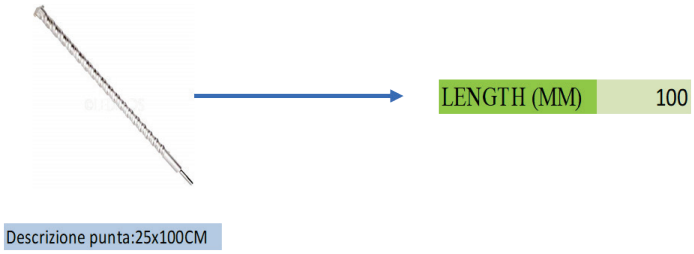

Figura 28: Esempio errore: "omissione dell'unità di misura"

Come si evince dall'esempio, la descrizione della punta riporta come valore di lunghezza 100 "**CM**", mentre l'attributo richiede quel valore in "**MM**", quindi l'attributo doveva essere compilato con una semplice conversione dell'unità di misura da centimetri a millimetri, ovvero il valore da inserire sarebbe stato quello di 1000 anziché di 100. Diversamente il plant poteva riportare il valore 100 ma accompagnato dall'unità di misura "CM", anche se ai fini della standardizzazione questa scelta sarebbe stata meno corretta. L'unità di misura è fondamentale perché se il plant deve fare un nuovo ordine al fornitore di questo tipo di punte, cioè con lunghezza 1000 "MM", nel leggere dal database 100 potrebbe comunicare al fornitore un'informazione errata che si ritorce poi sul livello delle scorte, sui costi e sul fattore spreco in generale.
Riguardo ai prodotti chimici, spesso questi vengono stoccati in grosse taniche e il valore della quantità è molte volte espresso in "**litri**". Un attributo tipico della classe dei chimici è la "**quantità del packaging**" espressa in "kilogrammi". Più volte durante la convalida si è riscontrato il riempimento di tale attributo in litri mentre bisogna opportunamente trasformare il valore in "**Kg**", moltiplicando il valore della quantità per la densità soprattutto per la razionalizzazione del prezzo dei barili che va a Kg e non a litri.
In definitiva non solo è necessario inserire l'unità di misura, ma è soprattutto necessario eseguire correttamente le conversioni delle unità di misura per passare dall'unità di misura con cui viene descritto il prodotto a quella richiesta dalla standardizzazione del database.

- Ai fini di una corretta standardizzazione è importante unificare, come già detto, la **lingua** essendo plant dislocati in tutta la region Emea; pertanto gli attributi che consentono l'inserimento di una scelta dal menu a tendina presentano testi in lingua inglese e insieme agli attributi numerici non rappresentano un problema. Gli attributi di tipo "testo libero" possono essere soggetti invece a questo tipo di problema, infatti è stato riscontrato più volte l'inserimento di testi in lingua locale del plant, differente dalla lingua inglese. Questo non viene valutato come un errore grave, ma è comunque un errore da correggere poiché ugualmente non permette la standardizzazione.
- Mancata compilazione del **Manufacturer Commercial Code**: questa informazione non può mancare e rappresenta il codice del componente dato dal costruttore, diverso dal codice con il quale viene immagazzinato il prodotto e diverso anche dal codice del fornitore presente nel sistema ERP centralizzato. È un'informazione chiave univoca per il prodotto o per quella tipologia di prodotto di un certo Manufacturer, è attraverso questo codice che si possono reperire caratteristiche mancanti del part number, utili alla razionalizzazione, attraverso ad esempio l'inserimento di quest'ultimo nel sito online o nel catalogo del produttore e qualora dovessero essere inserite tutte le caratteristiche è per mezzo di questo codice che si possono condurre le diverse verifiche. La figura sottostante (Fig. 29) mostra la corretta compilazione del Manufacturer commercial code e le diverse tipologie di errore riscontrate.

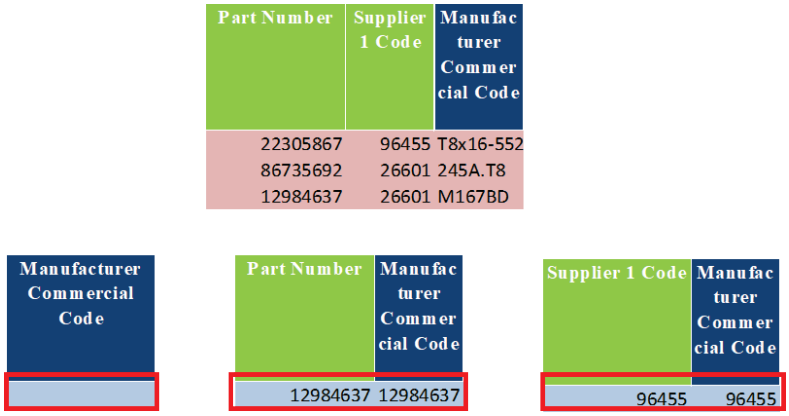

Figura 29: Manufacturer Commercial Code

Se il plant non ha inserito questa informazione bisogna reperirla prima di caricare il file sul master DB, chiedendo allo specialista, scrutando attentamente le schede tecniche inoltrate in allegato dal plant, cercando in internet dal catalogo del produttore e nel caso ciò non dovesse bastare bisogna chiedere

l'ispezione di un esperto dell'item o di etichette poste sull'item stesso presente in magazzino.

- Alcuni oggetti facenti parte della classe dei "workwear" (pantaloni, t-shirt, giacche) o degli "stationery" (etichette da ufficio, badge) contengono delle scritte, caratteri stampati. Per queste classificazioni spesso vi è la presenza dell'attributo "text", attributo di tipo "testo libero" che va compilato con quanto riportato sull'item se presente. A volte per il tipo di testo presente, magari complesso da riportare in un attributo o troppo lungo, viene inserito il valore "N/A (not available). Il valore così inserito è errato perché in realtà c'è la presenza di testo, quindi per semplificare la compilazione è stata decisa una convenzione per la quale in questi casi, l'attributo "text" deve essere compilato con il valore "complex text".
- Altro errore tipico riscontrato è la scorretta collocazione dei valori degli attributi, ad esempio l'inserimento del valore di "larghezza" per l'attributo "lunghezza" o viceversa, l'inserimento del valore della "corrente" al posto della "tensione".
- Il mancato inserimento di un valore per un determinato attributo: ai fini della razionalizzazione tutti gli attributi devono essere compilati necessariamente per verificare se effettivamente due o più prodotti sono identici al 100%.
- Per i prodotti chimici, è obbligatorio allegare insieme alla scheda tecnica anche la **scheda di sicurezza** per controllare il valore della tipologia di rischio del prodotto inserito nel frequente attributo, per i chimici, "tipo di rischio". Questo valore viene compilato attraverso la possibilità di scelta di una tipologia di rischio da un menu a tendina, scelta allineata con i pittogrammi presenti nella scheda di sicurezza.
- L'attributo ***material*** dei "workwear" fa parte degli attributi in cui è possibile scegliere un valore dal menù a tendina. Nel menù predisposto, il materiale "**polyester**" non è presente, ma capita spesso che il tessuto utilizzano per gli indumenti da lavoro sia proprio il poliestere. Confrontando le compilazioni fatte dai 24 plant per questo attributo, si è notato che i plant sopperivano la mancanza della parola "polyester" con: **acrylic**, **nylon** o **polyethylene.** Utilizzare tre valori differenti per esprimere uno stesso principio va in contrasto con l'obiettivo del progetto e quindi è stato necessario creare una **convenzione** che allineasse i plant, scegliendo come valore sostitutivo del poliestere, il **nylon.**

Oltre agli errori suddetti maggiormente riscontrati per singoli attributi, altre tipologia di errore è **l'errata classificazione** del PN. Errore quest'ultimo ancora più grave, in quanto non solo il componente viene raggruppato in una famiglia non sua, ma molto probabilmente si perderanno altre informazioni specifiche del part number, in

quanto ogni classe ha i suoi relativi attributi e sbagliando classe, si attivano automaticamente nel template attributi diversi che non permettono di ricavare tutte le informazioni pertinenti a quel determinato PN. Un item più volte soggetto a questa tipologia di errore sono le "**batterie**". Esse infatti possono essere diverso tipo e in base all'uso, alla tensione, devono essere catalogate in diverse classi, mentre non bisogna commettere il classico errore di generalizzare e raccogliere tutte le batterie nella classe degli "elettrici". La figura seguente (Fig. 30) mostra degli esempi concreti di come collocare le diverse batterie; esempio nato dalla numerosità degli errori riscontrati e che dà l'opportunità ai plant di non commettere più questo errore avendo aggiornato gli handbooks. Le immagini riportati in figura (Fig. 30) rappresentano una comune batteria, delle batterie a pile per telecomandi, orologi o altri piccoli dispositivi, una batteria per un utensile come l'avvitatore, una batteria per una maschera respiratoria o una maschera da saldatura:

Figura 30: Diverse famiglie per tipi diversi di batterie

Una batteria è pur sempre una batteria però sono state accordate delle convenzioni per semplificare la standardizzazione ed è giusto che vengano rispettate dai diversi plant.

4.2.7 Analisi effettuate per valutare la bontà di compilazione del database

A seguito dei controlli effettuati a tappeto e poi su campioni rappresentativi, sono state stilate delle analisi statistiche sulla corretta compilazione del Manufacturer Commercial Code e sulla corretta compilazione degli attributi. I risultati di tale analisi sono riportati di seguito:

a) Manufacturer Commercial Code:
   Di tutti i part number analizzati, circa 900 hanno mostrato delle "stranezze" riguardo al codice commerciale, ovvero da una prima valutazione sembrava non esserci una totale corrispondenza tra il codice commerciale presente nel campo stabilito nel template e quello presente nella scheda tecnica, internet

link o a volte riportato anche nel campo del template “description”. Valutazione dimostrata poi solo in parte, infatti, di questi 900 PNs:

- **Nell’82%** dei casi per fortuna è stata trovata la corrispondenza tra il codice produttore riportato nel template e la fonte di estrazione del codice.
- **Nel 14%** dei casi la non corrispondenza è stata confermata.
- **Nel 3%** dei casi la corrispondenza in realtà c’è ma va allineata poiché tra il codice riportato e la fonte di estrazione del codice è presente una sottile differenza dovuta ad errori formali commessi durante l’inserimento del codice nel template. Per errori formali si intende punteggiature, spazi tra valori del codice differenti, proprio come in figura sottostante (Fig. 31):

Figura 31: Esempio di due codici equivalenti a meno di uno spazio tra due caratteri (errore formale)

- **Nell’1%** dei casi c’è corrispondenza tra il Manufacturer Commercial Code ma non tra il Manufacturer Name.

Il grafico a torta sottostante (Fig. 32) dà una visione più immediata della situazione:

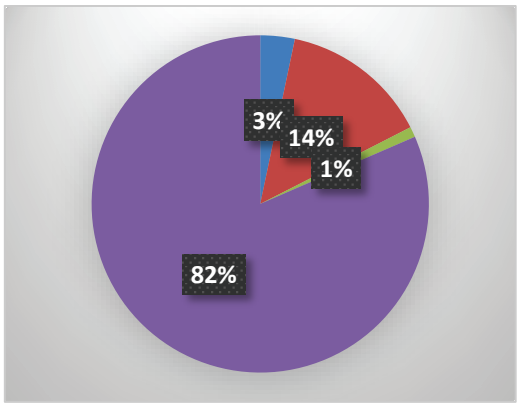

Figura 327: Analisi sulla compilazione del Manufacturer Commercial Code (Mcc)

Corretto l'1%, l'attenzione del mio team si è focalizzata sul **14%** e di questo si ha in particolare che:

- Circa la metà di essi mostra il Manufacturer Commercial Code arricchito correttamente nel template (allineato con quello riportato nella scheda tecnica/internet link) ma diverso dalle informazioni estratte dal sistema centralizzato sap riportate spesso nella "description".
- Il 34,6% era sbagliato ed è stato corretto e allineato con il valore presente nella scheda tecnica/internet link.
- il 15,4% mostra un'incongruenza netta tra il codice del produttore arricchito nel template e quello presente nella "description" (per questi PN non è stata allegata la scheda tecnica/internet link). Come già detto il codice del produttore è importante che venga riportato correttamente e in questi casi, vista l'incongruenza, per reperire il codice si sono dovuti aprire dei ticket indirizzati agli specialisti lato cliente per ricevere in cambio l'informazione corretta. Sono questi casi che hanno creato ulteriori inefficienze nel processo di convalida, creando dilatazioni dei tempi di convalida dei file, tempi allungati mediamente di una settimana, e del conseguente aggiornamento del database.
  L'istogramma sottostante (Fig. 33) rappresenta il 14% appena descritto:

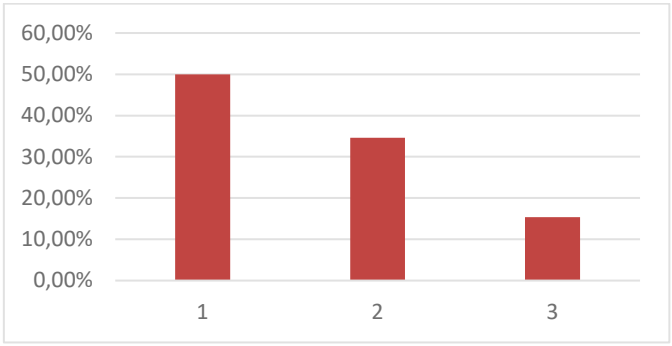

Figura 33: Analisi sulla compilazione del Manufacturer Commercial Code (Mcc)

b) Compilazione degli attributi:
Generalmente è stato riscontrato un trend positivo dal batch1 in avanti per quanto riguarda il giusto arricchimento degli attributi dei PNs per i diversi plant. Tuttavia, è stato stilato un **ranking** dei plant in base alla compilazione da loro eseguita; in particolare per ogni batch è stata calcolata una media

ponderata dei diversi tipi di errori (meno gravi, più gravi ai fini della standardizzazione) riscontrati in ogni plant, media che non tiene conto del numero di part number per file poiché discostandosi tale numero di poco da un file all'altro si è ipotizzato costante. Il ranking individuato va a raggruppare i 24 plant in **quattro cluster**: Ottimo, Buono, Medio, Sotto la media. Nel **primo cluster** sono stati classificati i plant che hanno mostrato un margine di errore nullo, range di errori riscontrati che va dall'1 al 10%; nel **secondo cluster**, sono stati classificati i plant che hanno mostrato un tasso di errore molto basso per i diversi batch o con un basso tasso di errore nei primi batch che poi scompare nei batch successivi (25% di errori nei primi batch che scompaiono nei batch successivi); nel **terzo cluster** sono stati classificati i plant che hanno mostrato un tasso di errore medio/basso nei primi batch e un trend positivo per i batch successivi (25-50% di errori individuati ma il plant mostra un trend positivo a partire dal batch2); nel **quarto cluster**, sono stati classificati i plant che hanno mostrato un tasso di errore medio/basso nei diversi batch, circa il 25-50% di errori riscontrati che restano costanti per tutti i batch analizzati.
La clusterizzazione dei plant se da un lato può offendere i lavoratori dei plant, soprattutto dell'ultimo cluster, può invece, se affiancata da un sistema di incentivi verso i lavoratori, stimolare gli operatori a far del loro meglio cercando di non commettere errori, permettendo l'ottenimento dell'obiettivo prefissato.

4.2.8 Razionalizzazione dei materiali

Terminata la fase di arricchimento, inizia la **fase di razionalizzazione** dei materiali ai fini di individuare potenziali duplicati- equivalenti. Infatti, compilati i diversi attributi di ogni item, si vanno a confrontare gli attributi compilati appartenenti a diversi prodotti con lo scopo di individuare tutte le similitudini possibili per raggiungere l'obiettivo ultimo di **eliminazione** dei duplicati- equivalenti.
Nonostante l'implementazione di un sistema centralizzato, ancora non si è riusciti ad impartire del tutto delle regole comuni a tutti i plant riguardo l'archiviazione dei dati, la codifica. Di seguito (Fig. 34), viene riportato un esempio in cui due prodotti sono presenti in due plant differenti e sono del tutto analoghi, ma il codice materiale (codice del Part Number) prima dell'unificazione risultava differente per i due prodotti:

	Pn 35967481	Pn 29873321
Plant	A	B
Description	ARGON S LIQUIDO	ARGON S LIQUIDO
Manufacturer Name	Sol	Sol
Manufacturer Commercial Code	003B	003B
Level 1	CHEMICALS, FUEL AND INDUSTRIAL GASES	CHEMICALS, FUEL AND INDUSTRIAL GASES
Level 2	CHEMICAL TREATMENT PRODUCTS	CHEMICAL TREATMENT PRODUCTS
Level 3	TECHNOLOGICAL GASES	TECHNOLOGICAL GASES
STATE OF MATTER	GAS	GAS
PACKAGE SIZE (KG)	153 KG	153 KG
PACKAGE QUANTITY(N° OF UNITS)	UNKNOWN	UNKNOWN
RISK ASSESSMENT	SAFETY	SAFETY
PURITY GRADE (%)	UNKNOWN	UNKNOWN
CHEMICAL FORMULATION	Ar	Ar
MIXTURE COMPOSITION	N/A	N/A
TANKS RENTAL	YES	YES
TANKS PROPERTY	NO	NO

Figura 348: Esempio 1/3: identificazione di item duplicati

Dall'esempio si può notare come due item con tutte le caratteristiche equivalenti tra loro, con lo stesso codice del produttore sono stati registrati in due plant differenti con due codici diversi (il numero di part number è diverso). Alla luce poi del caricamento dei file dei due plant sul Master Data Structure, i due part number sono stati classificati come duplicati. Ulteriore esempio riguardo all'individuazione di un duplicato, è riportato nella figura successiva (Fig. 35) estratta dal Mro Overview Workbook:

	Item 1 - Pn 6213665	Item 2 - Pn 2560088
Stabilimento	Plant B	Plant A
Descrizione	Ecran De Securite Faciaux Complet Bionicserre Tete Complet Ac Ecran Polycarbonate Et Protege Menton Ref 10 116 23	Face Shield Visor Clear Coating Without Pc
Produttore/Distributore	Honeywell	Honeywell
Codice commerciale	1011623	1011623
Livello1	Personal Protective Equipment (Ppe)	Personal Protective Equipment (Ppe)
Livello2	Body Protection	Body Protection
Livello3	Eyes Protections	Eyes Protections
Type	Face Shield	Face Shield
Type Of Protection	Uv-Welding	Uv-Welding
Welding Protection - En 169	N/A	N/A
Uv Protection - En 170	N/A	N/A
Impact Protection - En166	N/A	N/A
Interchangeable Lens	Yes	Yes
Lens Material	Polycarbonate	Polycarbonate
Frame Material	Plastic	Plastic
Elastic Band	Yes	Yes
Chemical Protection - En 172	N/A	N/A
Weight (G)	540	540
Additional Safety Features	As/Nzs 1337	As/Nzs 1337

Figura 35: Esempio 2/3: identificazione di item duplicati

Fonte: Mro Overview Workbook

In quest'ultimo esempio la situazione è analoga ma rispetto al primo caso, si potrebbero creare problemi ulteriori nell'identificare il fatto che i due part number siano due prodotti identici, in quanto le due **descrizioni** non sono state standardizzate.

Ultimo caso di individuazione di duplicati è quando i part number hanno stesso codice dei materiali, inserito a livello centrale, mentre l'arricchimento lato plant non è stato fatto al 100% in egual modo, proprio come in figura sottostante (Fig. 36):

	Pn 35211547			
Plant	A	B	C	D
Description	Labs A4 40x60	Labs A4 40x60	Labs A4 40x60	Labs A4 40x60
Manufacturer Name	T.A.E spa	T.A.E spa	Arconvert	T.A.E spa
Manufacturer Commercial Code	TAE40x60-2	TAE40x60-2	TAE40x60-2	TAE40x60-2

Figura 36: Esempio 3/3: identificazione di item duplicati

Nella figura sono quattro part number identici ma per uno di questi il Manufacturer name è differente. Questa situazione per il semplice fattore di costo può accadere

quando gli item sono equivalenti, ma quando sono identici (per di più stesso codice del produttore), non può accadere e quindi quel codice produttore è stato evidenziato come un ennesimo errore riscontrato e poi allineato ai fini della standarizzazione.

Caso differente è l'individuazione dei prodotti equivalenti: per tale razionalizzazione vengono confrontati gli attributi- caratteristiche tecniche compilate durante la fase di arricchimento, tra i prodotti di una stessa categoria. Per poter definire due prodotti equivalenti, più dell'80% delle caratteristiche compilate tra due o più item devono essere equivalenti per poter definire quanto un prodotto è più o meno simile ad un altro. Inoltre, l'80% va poi corretto tenendo in considerazione soprattutto quegli attributi maggiormente significativi per il determinato item, attributi che esplicano l'utilizzo, la funzionalità del prodotto. Nell'immagine riportata di seguito (Fig. 37) viene riportato un esempio di identificazione di equivalenti:

	Pn 26663109	Pn 59561438
Plant	C	D
Description	TARAUD MACHINE B1317 M8X118	TARAUD MACHINE
Manufacturer Name	PHANTOM	STARRET
Manufacturer Commercial Code	BR-222010800	770046P
Level 1	CUTTING TOOLS AND INSERTS	CUTTING TOOLS AND INSERTS
Level 2	TAP AND DIE TOOLS	TAP AND DIE TOOLS
Level 3	TAPS	TAPS
SHANK TYPE	CYLINDRICAL STRAIGHT	CYLINDRICAL STRAIGHT
TYPE OF USE	MACHINERY	MACHINERY
PITCH TYPE	FINE	FINE
THREADING TYPE	METRIC	METRIC
THREAD DIRECTION	RIGHT	RIGHT
THROAT SHAPE	STRAIGHT	STRAIGHT
MATERIAL COMPOSITION	HIGH SPEED STEEL(HSS)	HIGH SPEED STEEL(HSS)
APPLICATION MATERIAL	STEEL	STEEL
LUBRICATED	YES	YES
THROAT QUANTITY	UNKNOWN	UNKNOWN
PITCH (MM)	1,18 MM	1 MM
LENGTH (MM)	90 MM	90 MM
SHANK SIZE (MM)	68 MM	68 MM
EXTERNAL DIAMETER (MM)	8 MM	8 MM

Figura 37: Esempio 1/2: identificazione di item equivalenti

Dall'esempio si può notare come i due prodotti sono molto simili tra loro a parte per l'attributo 11 (*pitch*); similitudini che superano la soglia dell'80% e quindi sono stati evidenziati come equivalenti soggetti alla razionalizzazione.

L'80% va limato in base all'importanza degli attributi, nel caso ad esempio di due part number facenti parte della famiglia dei chimici, se dovesse riscontrarsi l'analogia tra tutti gli attributi tranne per qualcuno, come nell'esempio precedente per la famiglia dei cutting tools, e l'attributo differente dovesse essere il "tipo di rischio", nonostante il raggiungimento della soglia dell'80%, data l'importanza dell'attributo, non possono considerarsi equivalenti i due part number. Il raggiungimento della soglia dovrebbe però segnalare un allarme immaginario all'operatore in questi casi, il quale dovrebbe fare un ulteriore check nelle schede di sicurezza dei part number in questione perché molto probabilmente si tratta di un errore nella compilazione dell'attributo per uno dei part number. Nell'esempio seguente (Fig. 38) i due part number erano rappresentativi di uno stesso prodotto ma due plant differenti hanno indicato due valori differenti per una caratteristica importante (il tipo di rischio); facendo un ulteriore controllo, nella scheda di sicurezza dei due part number, è emerso che dai pittogrammi presenti il valore giusto del rischio era "Safety" per entrambi:

	Pn 35988555	Pn 32567781
Plant	A	B
Descriptio	hydraulic oils	hydraulic oils
Manufacturer Commercial Code	HO 48	HO 48
RISK ASSESSM	MIXED	SAFETY

Figura 389: Esempio 2/2: identificazioni di item equivalenti

Terminata la razionalizzazione dei materiali, individuando i duplicati ed equivalenti che permettono una riduzione degli sprechi a livello di scorte, inizia la razionalizzazione dei fornitori, con l'obiettivo di individuare le forniture critiche ed eliminarle ed individuare invece dei possibili fornitori strategici per ogni categoria di prodotto. Tale razionalizzazione comporta il fenomeno già accennato prima nel paragrafo 4.1.2, riguardo la supply chain nel mondo automotive, ovvero il fenomeno per il quale,

dall'eliminazione dei fornitori critici e il contemporaneo affermarsi di quelli strategici, il valore della catena di approvvigionamento viene ridistribuito. I fornitori strategici si accaparrano parte di questo valore, stimolando la creazione di partnership con il cliente, rapporti solidi e duraturi che possono tradursi anche in un aumento dell'efficienza, della qualità della fornitura. Per classificare i fornitori e riconoscere quelli strategici bisogna utilizzare dei KPI come: percentuale di saving (calcolata tramite il prezzo prima e dopo la negoziazione), il lead time di approvvigionamento medio (espresso in giorni), la flessibilità del fornitore a cambiamenti repentini della domanda del cliente, puntualità media del fornitore nella consegna degli ordini d'acquisto, domanda media inevasa, affidabilità del tipo ti trasporto, accuratezza della consegna (conformità degli articoli ordinati dal cliente).

4.3 Soluzione Business Case

A valle del lavoro eseguito è emerso che, nonostante le diverse nozioni impartite sin dalla wave 1, il team MRO commette ancora **numerosi errori** nella compilazione del database. Errori dovuti principalmente al tipo di attività: manuale, ripetitiva e per niente stimolante; ma non solo, anche l'organizzazione del team non è delle migliori. Come già accennato, i plant, una volta arricchito, passano il file ad uno specialista di riferimento che fa un primo controllo per poi inoltrare il file al nostro team di consulenza per la validazione finale. Un **primo problema** è dovuto al fatto che non c'è una corrispondenza biunivoca tra plant e specialista, difatti uno specialista del team MRO è di riferimento per tale progetto per più plant e viene definito specialista in quanto è esperto di alcune categorie di prodotto. Generalmente ogni specialista è esperto di due categorie, pertanto essendo 24 plant si può affermare che il numero di specialisti è addirittura meno della metà del numero dei plant. I part number contenuti in ogni batch e per ogni plant riguardano quasi sempre tutte le famiglie di prodotto ed è del tutto normale che ad esempio lo specialista dei prodotti chimici possa commettere degli errori o avere dei dubbi sulla corretta classificazione di un item meccanico; ciò che non combacia con il tipo di progetto è però il fatto che non ci sia una giusta comunicazione, un giusto flusso multidirezionale di informazioni tra i diversi operatori o specialisti tale da risolvere i dubbi sorti durante la validazione. Per ovviare a questo problema si era pensato inizialmente di cambiare il tipo di organizzazione e di fare in modo che ogni classe di prodotto, a prescindere da quale fosse il suo plant di appartenenza, venisse indirizzato allo specialista di quella determinata classe. Questa soluzione se da un lato può sembrare più efficiente in termini di riduzione del numero di errori commessi durante la validazione è stata però evitata e non implementata poiché rendeva o il processo più complesso, dovendo sicuramente spacchettare ogni file in categorie e poi assemblare il tutto oppure il file poteva non essere spacchettato

validato da uno specialista per volta, ma in questo caso si sarebbero allungati troppo i tempi di validazione. Alla luce di ciò si è deciso di non cambiare il processo ma di invitare continuamente gli specialisti a comunicare tra loro ai fini di limitare il numero di errori e di imparare bene tutta la procedura in modo da saper come procedere correttamente quando il sostegno da parte del team di consulenza sarà terminato.

Gli errori riscontrati però, come detto in precedenza, oltre all'organizzazione inefficiente del team del cliente, sono dovuti specialmente al tipo di mansione eseguita dall'operatore addetto alla compilazione degli attributi, mansione per nulla stimolante che facilmente provoca cali di attenzione che si ripercuotono negativamente sulla bontà dell'arricchimento fatto, non permettendo la standardizzazione e razionalizzazione auspicabile. A seguito della constatazione della numerosità di errori riscontrati a causa del fattore umano, si è proposto al cliente un business case in cui si vadano a identificare i benefici ottenibili nel progetto MRO se si implementasse una procedura di Intelligenza Artificiale. La soluzione proposta è stata l'adozione di **IBM Watson**, sistema di "cognitive computing" già citato nel capitolo terzo. Esattamente si è pensato all'API di **IBM Watson Visual Recognition**. L'algoritmo Watson si basa su quattro processi:

- Parsing[12] della domanda affinché sia ben interpretabile;
- Collegamento del testo riscontrato al background di conoscenza impartita all'algoritmo;
- Estrazioni di relazioni dal testo per avere una maggiore comprensione del testo;
- Acquisire informazioni dal testo, Watson impara man mano dai dati, è in continuo apprendimento dai dati analizzati, infatti appartiene alle piattaforme di "machine learning".

L'azienda IBM offre diversi servizi fruibili e vendibili separatamente che il cliente, una volta comprati, può decidere di affidarsi anche alla consulenza di IBM oppure far sviluppare questi servizi internamente dai suoi programmatori.

Il software di IBM Watson proposto consente di comparare delle immagini e di identificare la loro somiglianza restituendo come output uno score che varia tra **0** ad **1,** i quali rispettivamente indicano "**match non trovato**" e "**match equivalente**". La soluzione non è binaria ma come detto varia nel range tra 0 ed 1 ed in particolare:

- Se il match è nullo, lo score sarà nullo (score = 0);
- Se il match tre le due immagini è scarso o pressoché nullo, lo score sarà un numero compreso tra 0 e 0,5 (score < 0,5);

[12] in linguistica informatica, indica la procedura in grado sia di individuare ed esaminare un testo in linguaggio naturale e sia di acquisire dati non strutturati in origine.

- Se le due immagini vengono rilevate come simili, l'output restituito dal software sarà uno score prossimo all'unità (score > 0,5);
- Se il match tra le due immagini è perfetto, lo score come detto sarà pari all'unità (score = 1).

Di regola l'output viene restituito da Watson in linguaggio Java ma si possono scegliere linguaggi diversi in accordo con le scelte del cliente. Di seguito sono riportate delle immagini ((Fig. 39), (Fig. 40), (Fig. 41), (Fig. 42), (Fig. 43)) contenenti due esempi esplicativi di test eseguiti da Watson:

Figura 39: Primo esempio di test

Fonte: https://www.ibm.com/watson/services/visual-recognition/

Figura 40: Output del test

Fonte: https://www.ibm.com/watson/services/visual-recognition/

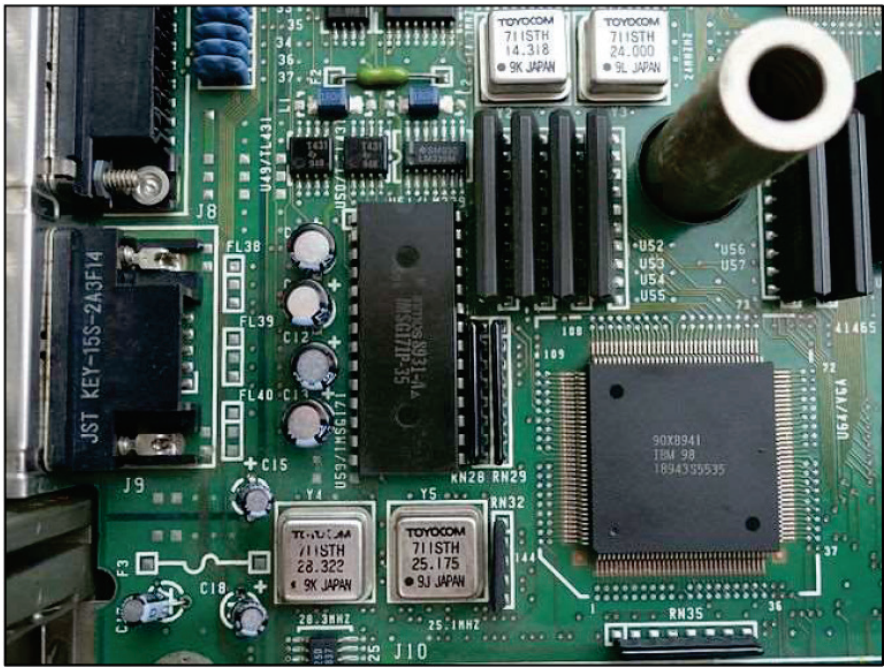

Figura 41: Secondo esempio di test

Fonte: https://www.ibm.com/watson/services/visual-recognition/

Figura 102: Primo output del test

Fonte: https://www.ibm.com/watson/services/visual-recognition/

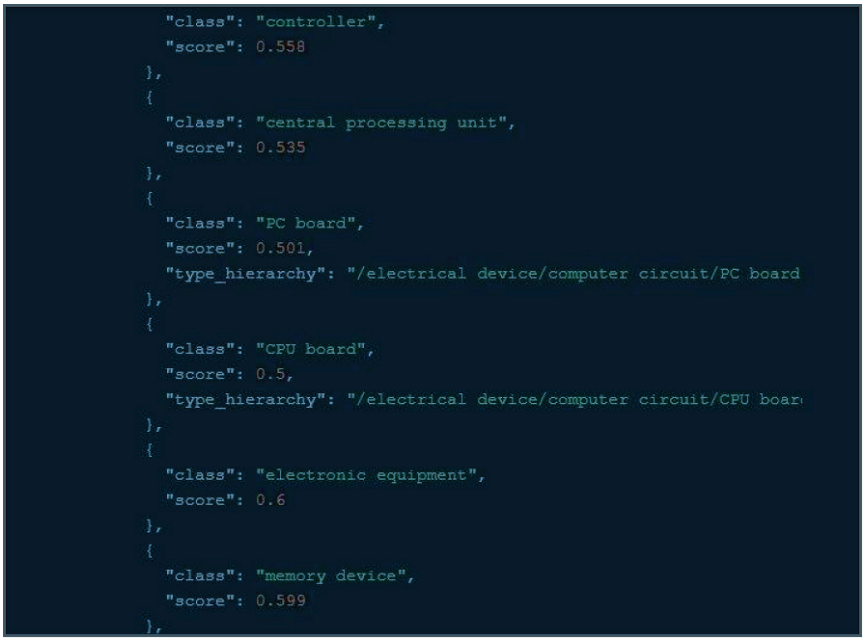

Figura 43: Secondo output del test

Fonte: https://www.ibm.com/watson/services/visual-recognition/

È un software come detto appartenente alle piattaforme di "machine learning" che riesce ad imparare dalle immagini immesse nella sua libreria e a riconoscere se nuove immagini abbiano delle affinità con quelle già presenti. Ogni nuova immagine impartita andrà poi ad arricchire la libreria per i test successivi. Dagli esempi si può notare come l'algoritmo riesca a riconoscere un'immagine, a cogliere diversi aspetti dell'immagine come un essere umano, basandosi sui colori dell'immagine, sul tipo di oggetti e sul numero di essi presenti nell'immagine. Quest'approccio è stato pensato come soluzione al business case poiché se venisse utilizzato, impartendo al software tutta la libreria di immagini presente negli handbook delle diverse categorie, potrebbe **diminuire drasticamente**, se non eliminare del tutto, il problema dell'inserimento nel database di **un'errata classificazione** degli item. Oltre alla risoluzione forse completa del problema suddetto, Watson potrebbe essere utilizzato nel progetto MRO per aumentare il livello della qualità della standardizzazione del database in generale. Infatti, una volta che con il passaggio precedente si riesca ad avere un database con tutte le classificazioni corrette, basterebbe impartire nella libreria di immagini di Watson anche gli screen delle schede tecniche reperibili dai fornitori, screen da confrontare poi con altri screen riferiti invece ai template compilati.

L'immagine seguente (Fig. 44) è esaustiva dell'andamento del processo di Watson Visual Recognition:

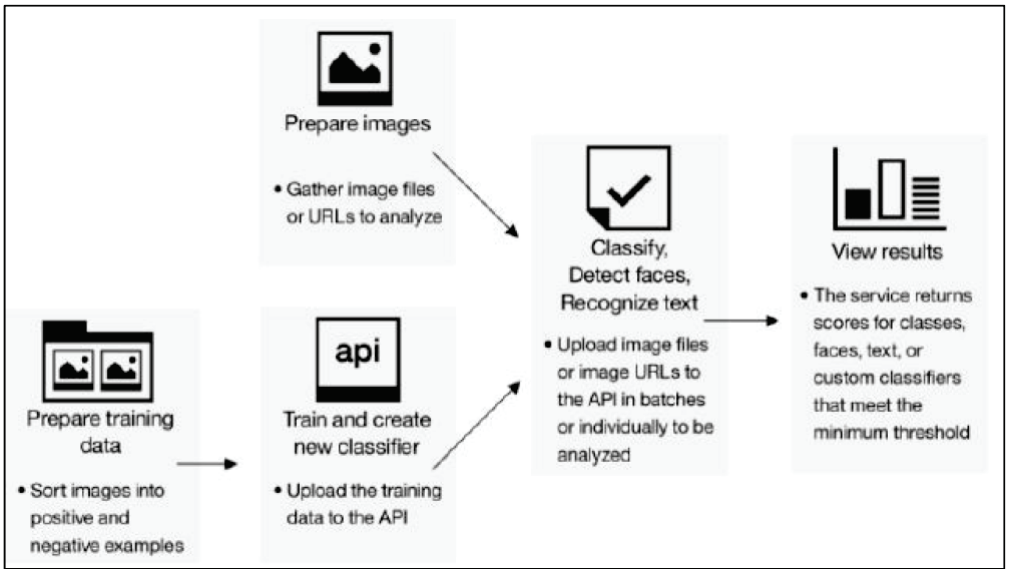

Figura 44: Processo di Watson Visual Recognition

Fonte: Azeddine E., Le Nhan T., N., Sayed D., Steffens B., Sri L. (2017), Building Cognitive Applications with IBM Watson Services: Visual Recognition, IBM's International Technical Support Organization, New York, p. 30.

Inoltre, il **costo di Watson Visual Recognition** risulta essere "ragionevole" e nel tempo è diminuito per andare incontro al cliente, in particolare oggi il costo di customizzazione dell'immagine è di **0,004 $/immagine**, mentre per il training dell'immagine e quindi per istruire il software a riconoscere immagini di quella classe, il costo è di **0,10 $/immagine**.

Watson è formato da diversi sotto processi, vendibili anche separatamente. Analizzando i diversi processi, si è notato che oltre alla parte di Watson dedicata al Visual, potrebbe essere una soluzione interessante per il nostro cliente anche l'implementazione di Watson Natural Language Understanding che oltre a interpretare i dati nei vari linguaggi come html, URL pubblico, riesce ad interpretare anche dei semplici testi inseriti come input al posto di inserire ad esempio l'immagine come nel caso precedente. L'output del testo sarà un'analisi sul tipo di testo inserito, indicando anche il testo inserito in che lingua sia. Questo software potrebbe essere usato ai fini della standardizzazione di una lingua comune e ad esempio per riconoscere se il codice di un item in stato "validation progress" è già contenuto nel sistema gestionale centralizzato o meno, dovendolo inserire in quest'ultimo caso. Il risultato prodotto è analogo al caso Watson Visual ovvero è sempre espresso attraverso un range di score. Per la standardizzazione della lingua in realtà potrebbe essere una soluzione più efficiente l'utilizzo di un altro pacchetto di IBM Watson: IBM Watson Language Translator che automaticamente permette di tradurre un qualsiasi testo, note e descrizioni in diversi formati presenti nel sistema ERP da una lingua ad un'altra mantenendo la formattazione richiesta. In questo modo il fatto che i diversi plant puntualmente non recepiscono ancora l'unificazione linguistica, nonostante diversi reclami ricevuti dopo la validazione di testi di attributi non unificati dal punto di vista linguistico, non sarà più un grosso problema formale. Anche per l'algoritmo **Watson Language Translator il costo non è eccessivo**, infatti di media costa **10 $ per ogni 1000 caratteri** da tradurre, con la possibilità di aggiungere anche parole chiavi, customizzate dal cliente. Ci sarà comunque bisogno dal supporto umano in quest'attività poiché data la grandezza e la complessità dei dati trattati dal nostro cliente, spesso i testi inseriti utilizzano termini molto tecnici, a volto poco strutturati e riferiti a diversi settori, l'output restituito dal software, nonostante la capacita dell'algoritmo di apprendere volta per volta, potrebbe dover essere corretto. In figura seguente (Fig. 45) viene riportato un esempio del meccanismo Watson Language Translator:

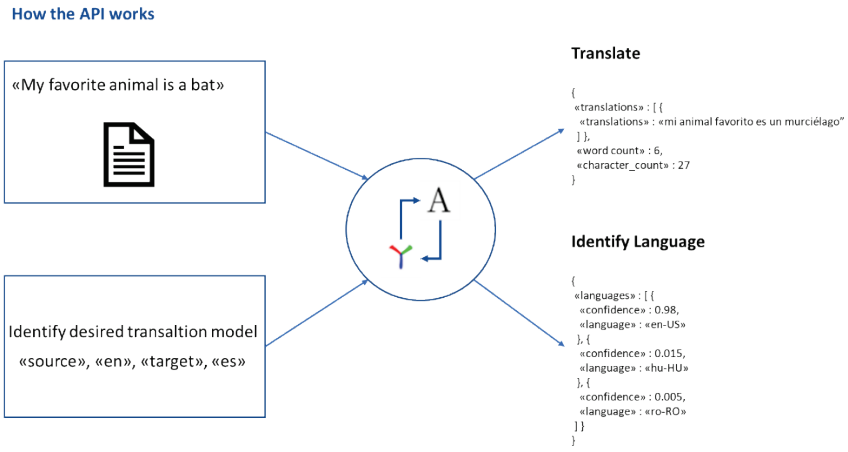

Figura 45: Output di Watson Language Translator

Le soluzioni appena proposte sono sicuramente efficienti per il nostro cliente ma per essere adottate dovranno essere valutati come sempre i costi. Tuttavia, sono delle tecniche già sperimentate, infatti, il gruppo Sme.UP[13] ha integrato all'interno del suo sistema gestionale ERP delle procedure di intelligenza artificiale, sfruttando dei servizi esterni come IBM Watson. Oltre ai servizi di traduzione dei testi da diverse lingue, il campo su cui Sme.UP ha adottato l'intelligenza artificiale è stato: il **riconoscimento visuale**. Infatti, comunicando con la libreria di immagini di Watson è possibile ottenere diverse informazioni legate all'immagine, riguardo, come già detto, i colori, gli oggetti rappresentati, ma non solo, anche ad esempio i gradi di emozione che esprime l'immagine. Sfruttando il riconoscimento visuale il gruppo Sme.UP è riuscito a sviluppare un sistema intelligente di riconoscimento degli allegati dei prodotti presenti nell'ERP, proprio ciò potrebbe essere un servizio di efficienza per il nostro business case. Il passo successivo sarà quello di "formare" Watson per il riconoscimento delle specifiche tecniche degli item, in modo da migliorare la classificazione automatica degli item.

Se si riuscisse ad educare Watson anche in quest'ultimo modo, i benefici per il business case MRO potrebbero essere davvero molteplici.

Di seguito sono riportate tre immagini ((Fig. 46), (Fig. 47), (Fig. 48)) riguardanti tre steps consecutivi dell'applicazione di Watson al sistema gestionale ERP del gruppo Sme.UP:

[13] https://www.smeup.com/prodotti/sme-up-erp/

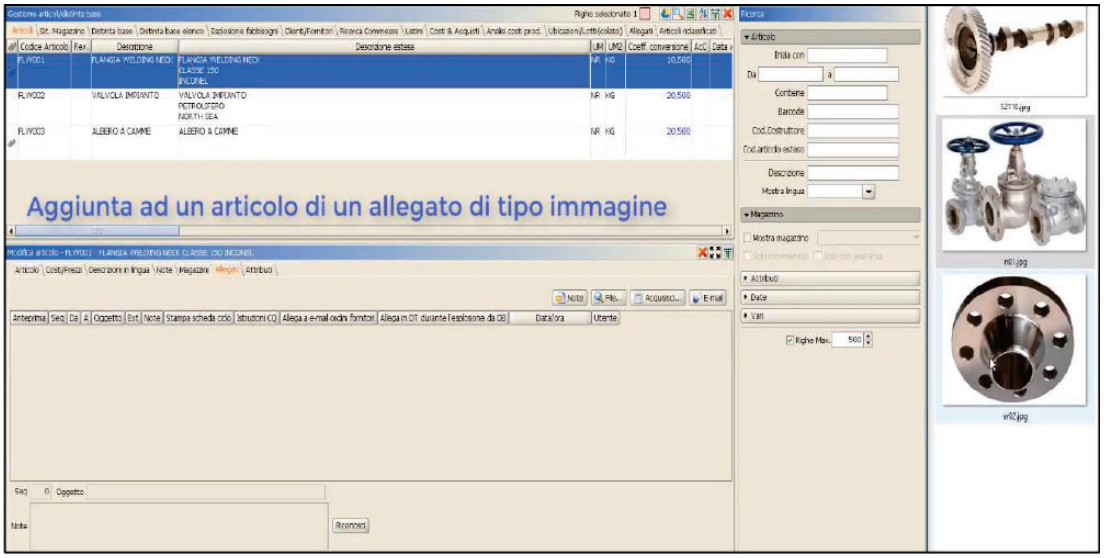

Figura 46: ERP e l'adozione di IBM Watson

Fonte: https://www.smeup.com/blog/blog-software-gestionali-erp/integrazione-intelligenza-artificiale-software-gestionale/

Figura 47: Aggiunta immagine di un item sul gestionale ERP

Fonte: https://www.smeup.com/blog/blog-software-gestionali-erp/integrazione-intelligenza-artificiale-software-gestionale/

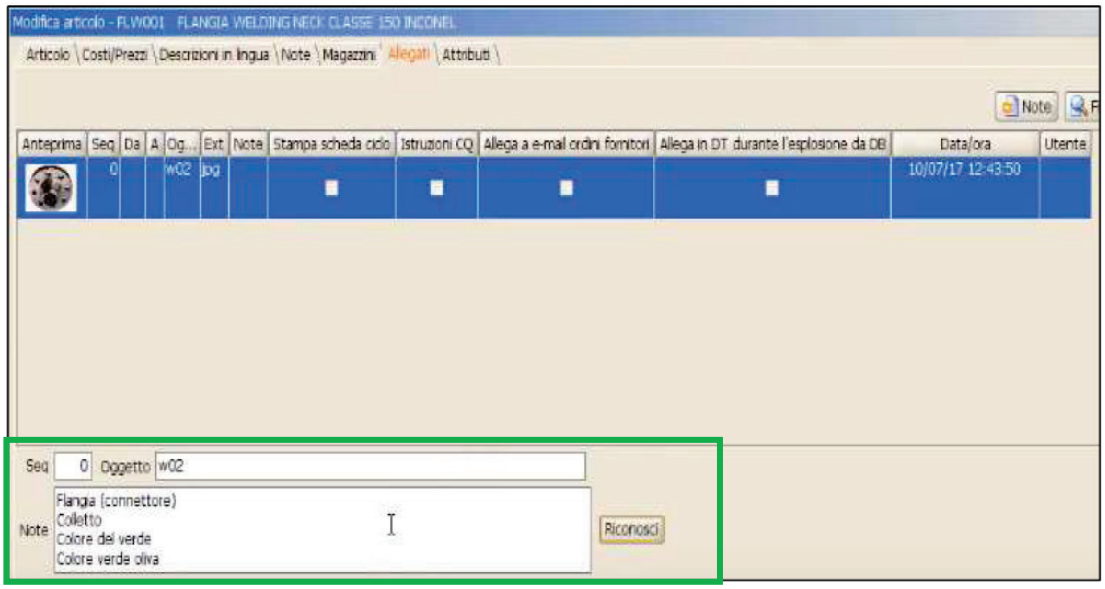

Figura 48: Riconoscimento dell'immagine

Fonte: https://www.smeup.com/blog/blog-software-gestionali-erp/integrazione-intelligenza-artificiale-software-gestionale/

Nell'ultima immagine (Fig. 48) si può notare che, dopo aver inserito la figura in allegato e premuto il bottone "Riconosci", il sistema gestionale grazie a Watson restituisce delle informazioni caratterizzati l'oggetto inserito; informazioni **macro-basilari** riportate nell'esempio ma che grazie alla capacità di apprendimento continuo di Watson si possono tradurre in informazioni con il tempo sempre di maggior dettaglio.

Sulla base di tale procedimento si potrebbe investire per automatizzare completamente il processo manuale MRO, permettendo all'azienda di risparmiare sicuramente in termini di margine di errori commessi e di tempi, mentre bisogna valutare quanto sia davvero conveniente in termini di costi.

4.3.1 Confronto del processo tradizionale con il processo di AI

Ai fini di valutare la convenienza in termini economici dell'implementazione dell'AI all'interno dei sistemi gestionali, è opportuno confrontare i **costi annui** sostenuti dal **processo tradizionale** con i costi sostenuti annualmente se venisse utilizzato all'interno del **processo l'algoritmo IBM Watson**. Di seguito vengono riportate due tabelle ((Fig. 49), (Fig. 50)):

	Costo Aziendale Per Tipologia di Lavoratore	
	Operatore MRO	Specialista MRO
Costo Lavoratore (costo B)	58.000 €	70.000 €
N° ore lavorative giornaliere	8	8
N° giorni lavorativi annui	200	200
Costo Orario Lavoratore	36 €	43,80 €

Figura 49: Costi stimati per tipologia di Lavoratori

	Costo attività di startup e training		
	Consulente		Operatore del training
Costo Lavoratore	24.000 €	Costo Lavoratore	10.000 €
N° Lavoratori	3	N° Lavoratori	1
N° ore attività	500	N° giorni attività	10
Costo Orario Lavoratore	48 €	Costo Giornaliero Lavoratore	1.000 €

Figura 50: Costi stimati da sostenere per l'implementazione di Watson nel progetto MRO

a) La prima riguardante i costi annuali aziendali per i diversi operatori, elaborata in seguito ad informazioni estratte da studi della media dei diversi stipendi dei lavoratori[14].
b) La seconda tabella riporta invece i costi medi ipotizzati per l'attività di startup e i costi per l'attività di training, stimati per mezzo di una ricerca di Accenture[15].

La prima tabella è utile sia per il calcolo del costo del processo tradizionale che del processo innovativo, mentre la seconda tabella è utile esclusivamente per il calcolo del costo del processo innovativo, contenendo voci di costo dovute all'implementazione dell'AI.

[14] https://www.achab.it/achab.cfm/it/blog/achablog/come-si-calcola-il-costo-aziendale-di-un-dipendente.
[15] https://www.accenture.com/us-en/company-reworking-the-revolution-future-workforce.

Per il processo tradizionale la struttura dei costi aziendali, sostenuti dal cliente per questo determinato progetto, è formata soprattutto dai costi sostenuti per i lavoratori. Considerando due tipologie di lavoratori all'interno del progetto MRO:

- l'operatore di stabilimento che compila l'arricchimento dei part number;
- lo specialista di riferimento per lo stabilimento che valida l'arricchimento fatto in precedenza dall'operatore;

e considerando un team formato da quattro operatori e uno specialista, il costo annuo aziendale per operatore è di circa 58.000 €, mentre è di circa 70.000 € per lo specialista; pertanto il costo totale annuo aziendale per il team sarà di circa 302.000 €. A questo costo, deve essere sommato poi un'altra quantità, decisamente minore, dovuta ai costi di manutenzione della piattaforma, costi dovuti alla risoluzione di errori eventualmente commessi. La manutenzione e risoluzione di un problema è in capo allo specialista e si è stimata un'interruzione al mese del processo che comporta circa 8 ore di lavoro, pertanto i costi di manutenzione saranno annualmente di circa 4.204 €. Il costo totale annuo quindi per il processo tradizionale sarà: **306.204 €.**

Se nel processo dovesse essere adottato l'algoritmo Watson, il costo per il primo anno di adozione sarebbe sicuramente superiore al costo del caso tradizionale, perché se da un lato l'AI può portare una conseguente leggera diminuzione del numero di impiegati per quel determinato team in cui viene integrata la macchina intelligente e quindi un risparmio sul costo per gli operatori, dall'altro lato vi è un innalzamento dei costi dovuto, non solo all'acquisto del nuovo servizio tecnologico e all'attività di training da erogare per impartire ai lavoratori la nuova tecnologia, ma, soprattutto all'attività di startup. Il costo della tecnologia non è molto elevato, come si è potuto vedere già dal precedente paragrafo (Par. 4.3) ed è un costo variabile annuo, che varia in base ai caratteri da tradurre, alle immagini da confrontare e al numero di output prodotti dal software. Il costo di startup è molto influente sul totale dei costi ed è il costo dovuto per tutte le procedure e per il tempo di implementazione della tecnologia all'interno del sistema ERP. Per procedure di implementazione del sistema di IBM Watson si intendono anche tutte quelle procedure necessarie per impartire al sistema le nozioni necessarie (ad esempio le immagini degli handbooks) e quindi per customizzare il sistema in base alle specifiche del cliente. Costo elevato quest'ultimo perché per implementare il tutto l'azienda cliente deve servirsi di ingegneri-consulenti esperti di IBM per un determinato periodo. Inoltre, un'altra percentuale del costo è formata dall'attività di manutenzione esterna da parte degli ingegneri esperti che si verificherà certamente durante ogni anno (è stato previsto circa un intervento manutentivo al mese per un'intera giornata lavorativa eseguito da due consulenti). In base alle diverse voci di costo è emerso che il costo totale per il cliente automotive

nel primo anno di implementazione di Watson si aggira intorno ai **360.432 €** (considerando il database formato da circa 60.000 PN). Confrontando i due costi, risulta che i costi qualora dovesse essere adottata l'AI sono effettivamente maggiori di circa 50.000 € rispetto al caso tradizionale, tuttavia la maggiorazione dei costi nel caso dell'utilizzo dell'AI è dovuta principalmente ai costi di startup, costi che però insieme ai costi del training vengono abbattuti totalmente dal secondo anno di adozione in avanti. Per cui mentre per il processo tradizionale i costi resteranno pressoché costanti nei diversi anni, per il processo integrato con IBM Watson, oltre ai benefici in termini di efficienza del processo, ci saranno anche delle nette diminuzioni di costi negli anni che renderanno l'implementazione dell'AI la giusta scelta da seguire. Secondo una ricerca condotta da Accenture nel 2017[16], ci sarà entro il 2020 un incremento di circa il 40% della produttività per singolo lavoratore quindi questo dato non dovrà spaventare i lavoratori, per il solito conflitto uomo-macchina, macchina che prende il posto dell'uomo. Infatti, sicuramente la macchina intelligente può sostituire l'uomo per alcuni lavori ma l'uomo può andare a rimpiazzare altre posizioni: in questo caso specifico del progetto MRO, la macchina sostituirebbe l'uomo in quei lavori ripetitivi che provocano calo di efficienza del processo, mentre l'uomo può essere spostato su lavori più gestionali anziché operativi, su lavori comunque operativi ma maggiormente stimolanti e prestare ad esempio solo una certa percentuale del suo tempo lavorativo all'impiego precedente, per operazioni di controllo del lavoro erogato dalla macchina. Una volta istruite le diverse nozioni alla macchina ci saranno anche benefici netti sul tempo di validazione; pertanto come si evince anche per il caso MRO si conferma che l'implementazione dell'AI è la giusta strada da intraprendere, garantendo benefici di tempi, costi e qualità.

[16] https://www.accenture.com/us-en/company-reworking-the-revolution-future-workforce

Conclusioni

Il presente lavoro ha illustrato il processo di diffusione ed implementazione delle tecnologie dell'IA nel campo della produzione di beni e servizi, nonché i risvolti sulle politiche socio-economiche su scala nazionale. Di IA si è iniziato a parlare negli anni '50, con l'idea che una qualsiasi caratteristica dell'intelligenza umana potesse essere descritta in maniera talmente precisa da consentire la costruzione di una macchina in grado di simularla.
Nel mondo scientifico non esiste tuttavia un'univoca definizione di IA, in quanto essa spazia dall'informatica alla neurologia, per arrivare agli studi su come funziona il cervello umano. In generale possiamo dire che l'IA è quella scienza che si dedica alla realizzazione di macchine intelligenti che grazie all'informatica, trova oggi la strada più favorevole e pratica. Dagli anni '50 ad oggi, abbiamo visto lo sviluppo dell'IA e la tempistica della sua implementazione nelle aziende, verificandone l'attivazione spinta soprattutto nelle grandi aziende americane e cinesi, e a discapito delle aziende di piccole e medie dimensioni (che prevalgono sul territorio italiano), che registrano un notevole ritardo sia per mancanza di risorse economiche, che di personale specializzato e di incentivi statali. Ciò nonostante, lo sviluppo dell'IA ha comunque consentito la realizzazione di nuove tecnologie come i sistemi di riconoscimento vocale, sistemi per la diagnostica, robot e motori di ricerca, che contribuiscono in maniera tangibile alla sicurezza e alla salute umana. D'altro canto, non va dimenticato che la diffusione di queste tecnologie comporta allo stesso tempo una crescente intensità di capitale, e che quindi gli effetti negativi sull'occupazione sono a loro volta chiaramente problematici.

In effetti l'IA ha fatto passi avanti inimmaginabili, grazie all'utilizzo di algoritmi sempre più efficaci, alla disponibilità di Big Data e alla crescente potenza di calcolo. L'IA è ormai ubiqua intorno a noi, sugli aerei, nelle apparecchiature sanitarie, nelle applicazioni per la finanza, la meteorologia, etc., con risultati eccellenti e pur tuttavia con tante sfide ancora aperte e tematiche da analizzare.
L'IA avrà bisogno comunque ancora di tempo per perfezionare e raggiungere gli obiettivi prefissati, per cui possiamo dire che a tutt'oggi sono valide e contemporanee le parole di Alan Turing riportate nel finale del suo articolo Computing Machinery and Intelligence: *"We can only see a short distance ahead, but we can see plenty there that needs to be done"* (anno 1950, pag. 22).

Ciò significa che ci saranno sempre più applicazioni avanzate, al cui centro ci dovrà essere sempre l'uomo che le progetta, le utilizza e le gestisce.

Seppur ancora in continua crescita si è notato come anche per il business case proposto, progetto MRO nell'ambito della supply-chain automotive, l'adozione dell'AI possa creare notevoli benefici:

- la riduzione del margine di errore nella compilazione del database;
- una razionalizzazione dei materiali e dei fornitori più corretta;
- risparmi di costi e tempi;
- innalzamento dell'efficienza del processo.

Come già rappresentato nel capitolo quarto, al paragrafo 4.2, grazie all'esperienza lavorativa acquisita durante il periodo di stage alla fase "wave 2", è stata verificata la presenza di numerosi errori nella compilazione del database.
Database, come ben noto, effettuato dagli operatori dei 24 plant già formati per la predisposizione dello stesso nella fase precedente "wave 1" al rispetto delle regole di compilazione finalizzate al raggiungimento dell'obiettivo finale, ovvero l'ottimizzazione della gestione dei materiali indiretti MRO.
Da questa costatazione, è sorta l'idea di trovare una soluzione "intelligente" che riuscisse a sopperire agli errori umani. L'idea proposta è stata l'uso del software IBM Watson, in quanto allo stato attuale sembra essere il software più capace di sostituire il processo manuale di codifica degli item del progetto MRO. L'analisi del progetto ha confermato le potenzialità derivanti dall'implementazione di algoritmi di Intelligenza Artificiale nei processi aziendali in termini di ottimizzazione dei processi stessi.
Come più volte ribadito oggi siamo ancora all'inizio dello sviluppo dell'AI e si auspica che gli studi recenti possano sviluppare nuovi sistemi che possano ad esempio rendere anche il processo di razionalizzazione del progetto MRO completamente automatizzato senza dover necessitare di un presidio umano stabile.
Concludendo, si può dedurre che i vantaggi riscontrabili dall'utilizzo dell'AI nei processi aziendali devono stimolarne l'implementazione non solo nelle grandi realtà, come il cliente automotive del business case, ma anche nella piccole-medie imprese italiane affinché quest'ultime non restino escluse dal processo di innovazione globale.

Bibliografia

Bateson G. (2000), “Verso un’ecologia della men-te”, II ed., Adelphi, Milano.

Bertelè U., Perego A., Balocco R., Corso M. (2018), Osservatorio fatturazione elettronica & ecommerce b2b, “Fatturazione elettronica: nuovo impulso per il digital b2b”, Politecnico di Milano.

Bracchi G., Francalanci C., Motta G. (2010), “Sistemi Informativi d'impresa”, Mcgraw-hill, Milano.

Caroli M., Fontana F. (2009), “Economia e gestione delle imprese”, Mcgraw-hill, New York.

Chesbrough H. (2003), “Open innovation: the new imperative for creating and profiting from technology”, Harvard business school press, Brighton.

Corea F. (2019), “Applied Artificial Intelligence: Where AI Can Be Used in Business”, Springer, Milano.

Daft R. l. (2017), “Organizzazione aziendale”, Apogeo, Milano.

Dapor M., Aiello L.C. (2004), “Intelligenza Artificiale: i primi 50 anni”, Mondo Digitale, Milano.

Domingos P. (2016), “L'algoritmo definitivo: La macchina che impara da sola e il futuro del nostro mondo”, Bollati Boringhieri, Torino.

Gilchrist A. (2016), “Industry 4.0: the industrial internet of things”, Apress, Bangken.

Graziadei G. (2006), “Lean Manufacturing: Come analizzare il flusso del valore per individuare ed eliminare gli sprechi”, Hoepli, Milano.

Hugos M.H. (2018), “Essentials of supply chain management”, Wiley, Hoboken.

Liker J., Convis G. (2015), “Toyota way per la lean leadership, raggiungere e mantenere l'eccellenza in azienda”, Hoepli, Milano.

Longo G. O. (2009), “Il test di Turing, storia e significato”, Mondo Digitale, Milano.

Marchi L. (2003), “I sistemi informativi aziendali”, Giuffrè, Milano.

Marr B. (2018), “The key definitions of Artificial Intelligence (AI) that explain its importance”, Forbes, Innovation.

Miller J. (2016), “Learning IBM Watson Analytics”, Packt Publishing, Birmingham.

Ministero dello sviluppo economico (2017), “Piano nazionale Industria 4.0 2017-2020”, Investimenti, produttività e innovazione, Cabina di Regia Industria 4.0.

Nilsson N. J. (2002), “Intelligenza Artificiale”, Apogeo, Milano.

Porter M. E. (2002), “Il vantaggio competitivo”, Edizioni di comunità, Ivrea.

Raab M., Griffin-cryan B. (2016), “Creating Value: When Digital Meets Physical”, Digital Transformation of Supply Chains.

Rashid M. A., Hossain L., Patrick J. D. (2012), “Enterprise Resource Planning: global opportunities & challenges”, Idea Group Publishing, London.

Richter A. (2018), “How Artificial Intelligence is changing ERP”, Technology and IoT, Industryweek, Cleveland.

Rossano L. (1999), “Gestione e Controllo dei processi produttivi. Un modello per semplificare e razionalizzare”, Francoangeli, Milano.

Russell S. J. Norvig. P. (2010), “Intelligenza Artificiale: un Approccio moderno”, Pearson, Milano.

Schwab K. (2016), “La quarta rivoluzione industriale”, Francoangeli, Milano.

Schrauf S., Berttram P. (2016), “How digitization makes the supply chain more efficient, agile, and customer-focused”, Industry 4.0, p. 12.

Slack N., Brandon-jones A., Johnston R., Betts A., Danese P., Romano P., Vinelli A. (2013), “Gestione delle operations e dei processi”, Pearson, Milano.

Tardivo G., Quaglia G. (2015), “La creazione di valore”, vol. I, Francoangeli, Milano.

Turing A. M. (1950), “Computing Machinery and Intelligence”, p. 22.

Ustundag A., Cevikcan E. (2018), “Industry 4.0: Managing the Digital Transformation”, Springer, London.

Wallace T. F., Kremzar M. H. (2001), “ERP: making it happen. the implementers’ guide to success with enterprise resources planning”, John Wiley & Sons, New York.

Wight O.W. (2009), “MRP II: pianificazione delle risorse di produzione”, Francoangeli, Milano.

Montgomery D. C. (2006), “Controllo statistico della qualità”, II ed., McGraw-Hill, Milano.

Sitografia

https://www.randstad.it/knowledge360/archives/levoluzione-delle-apiopportunita-di-business-e-sfida-tecnologica-per-le-aziende_386/.

https://www.disys.it/it/controllo-qualita/?gclid=Cj0KCQiAvebhBRD5ARIsAIQUm-nmg9jH56r-Zo_C4jtL2vWO9-Ws7xVwlRjpO8yia-Wpx0NyL_rgMe1DgaAm9_EALw_wcB.

https://www.01net.it/intelligenza-artificiale-salto-qualita/.

https://www.wearemarketing.com/it/blog/quando-come-e-perche-integrare-lintelligenza-artificiale-nella-tua-azienda.html.

https://www.zerounoweb.it/analytics/cognitive-computing/ai-una-strategia-per-cogliere-le-opportunita-di-business/.

http://www.leansolutions.it/management/effetto-forrester-o-effetto-bullwhip.

https://www.google.com/search?rlz=1C1GCEA_en__820__820&ei=rmI6XMbzEuinrgSvo7_QBg&q=intelligenza+artificiale+nei+processi+di+qualit%C3%A0&oq=intelligenza+artificiale+nei+processi+di+qualit%C3%A0&gs_l=psy-ab.3...6797.14601..15370...0.0..0.220.3016.10j17j1......0....1..gws-wiz.......0i71.Diu7ZAhhE_0.

https://www.01net.it/intelligenza-artificiale-da-integrare-nei-processi-di-lavoro-quotidiani/.

https://www.digital4.biz/executive/reply-ecco-come-la-realta-aumentata-puo-migliorare-i-processi-aziendali/.

https://www.ilprogettistaindustriale.it/sviluppo-di-prodotto-come-ridurre-gli-sprechi-nella-progettazione/.

https://www.repubblica.it/economia/miojob/lavoro/2007/01/16/news/io_creatore_di_robot-140910644/?refresh_ce.

https://www.ai4business.it/intelligenza-artificiale/machine-learning/predictive-maintenance-per-un-business-always-on/.

https://www.infoq.com/articles/predictive-maintenance-industrial-iot.

https://deepsense.ai/predictive-maintenance-machine-learning/.

https://meritsolutions.com/ai-and-predictive-maintenance-blog/.

https://www.digital4.biz/executive/realta-aumentata-cose-come-funziona-e-ambiti-applicativi-in-italia/ired.it/internet/regole/2018/12/06/cybersecurity-sicurezza-incidente-aereo-aeroporto/?refresh_ce=.

https://www.acatech.de/wpcontent/uploads/2018/03/acatech_eng_STUDIE_Industrie40_global_Web.pdf.

https://www.researchgate.net/publication/309463594_Industry_40_as_Promising_Technology_Emergence_Semantics_and_Ambivalent_Character.

https://www.bcg.com/it-it/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries.aspx.

https://www.sas.com/en_us/insights/big-data/what-is-big-data.html.

https://www.magazinequalita.it/gruppo-galgano-quality-40-industry-40/.

https://cdn2.hubspot.net/hubfs/136847/IC%202017%20QUALITY_QUALITY%204.0/2017%20QUALITY%204.0_FINAL-1.pdf.

http://www.merqurio.it/2017/10/31/pharma4-0-automazione-industriale/.

http://www.e-cons.it/finanziamenti/industria-4-0-digital-empowerment preparare-capitale-umano-allinnovazione-tecnologica/7747/.

http://www.treccani.it/enciclopedia/gregory-bateson/.

https://subscription.packtpub.com/book/application_development/9781787282759/5/05lvl1sec31/assessing-the-analytics-applications.

https://www.glossariomarketing.it/significato/digital-advertising/.

https://www.openpr.com/news/1167165/Global-Supply-Chain-Management-Systems-Market-Research-Report-Industry-Analysis-Report-Regional-Outlook-Application-Development-Potential-Price-Trends-Competitive-Market-Share-Forecast-2023.html.

https://www.ibm.com/watson/services/visual-recognition/.

https://www.smeup.com/prodotti/sme-up-erp/.

https://www.smeup.com/blog/blog-software-gestionali-erp/integrazione-intelligenza-artificiale-software-gestionale/.

https://www.achab.it/achab.cfm/it/blog/achablog/come-si-calcola-il-costo-aziendale-di-un-dipendente.

https://www.accenture.com/us-en/company-reworking-the-revolution-future-workforce.

Ringraziamenti

È arrivato il momento di ringraziare tutti coloro che mi hanno sostenuto e sono stati al mio fianco in questo percorso universitario.

Innanzitutto, vorrei ringraziare il professore Luigi Buzzacchi per la sua disponibilità, la sua gentilezza e per i consigli dati durante il periodo di stesura della tesi.

Ringrazio mio padre a cui dedico questa tesi, a cui dedico questo traguardo. Ti ringrazio perché a te devo tutto, sei il punto di riferimento per me ed i miei fratelli, sei la persona che spero di diventare un giorno. Sono orgogliosa di te del mio grande "papone", di quanto amore provi per me, di quanto tu sia entusiasta dei miei studi, di quanto tu abbia gioito con me per ogni mio successo e supportato in ogni difficoltà in questo percorso e non solo, facendo l'impossibile pur di aiutarmi; il solo pensiero e certezza che rifarai ciò per ogni mia scelta futura mi commuove.

Ringrazio mia madre, mia complice, mia amica. La persona più pratica che io conosca ma allo stesso tempo sognatrice, artista. Ti ringrazio per il tuo affetto che mi dimostri ogni giorno e che io purtroppo non so ricambiare ugualmente con i gesti, ma sai perfettamente quanto io ti voglia bene. Sai capirmi alla perfezione, sei una perfetta complice che riesce a tirarmi su da ogni difficoltà e per questo te ne sarò sempre grata.

Ringrazio la persona più importante della mia vita: mia nonna Assunta. Tutto quello che hai fatto per me e che fai tutt'oggi so che è impagabile e che io non riuscirò mai a ricambiare con la stessa moneta. Ti prendi cura di me da sempre e quando ho iniziato il mio percorso universitario hai iniziato a prenderti cura anche dei miei amici di studio. Durante i tre anni della triennale frequentati all'università Federico II di Napoli, ho invaso quasi tutti i giorni la tua casa con i miei amici per studiare, eravamo lì nella tua cucina e tu nonostante gli anni che avanzano preparavi sempre dei megapranzi per tutti noi ed un ottimo caffè. Amo il nostro rapporto, il nostro essere così simili per alcune cose e completamente diverse per altre, amo il tuo modo di viziarmi, amo la tua voce, il tuo cercarmi. Mi sono trasferita a Torino due anni fa e tu sei la persona che mi manca di più ogni giorno, mancanza che cerchiamo di colmare con la nostra chiamata serale, chiamata fondamentale che mi ha accompagnato in questo periodo di studio tutti i giorni. Grazie amore mio per essere il mio tutto.

Vorrei inoltre ringraziare gli altri miei nonni che purtroppo non sono più fisicamente con me, ma sono costantemente nei miei pensieri e che sono sicura mi abbiano aiutato e accompagnato in questo mio percorso. Mio nonno Donato, andato via quando ero solo una piccola bimba eppure se io oggi pensassi ad un ingegnere tipo penserei a lui, ai sacrifici fatti per diventarlo. Penso a quanto sarebbe orgoglioso di me, della mia laurea qui al Politecnico di Torino, penso che sarebbe in prima fila con gli occhi lucidi per la gioia con affianco la sua magica moglie, mia nonna Teresa ugualmente

fiera di me, di me “donna” che ha studiato e che sta per diventare “ingegnere”. Mio nonno Benito, il capitano della mia nave, il mio confidente. Oggi caro nonno mi immagino stretta tra le tue braccia, io la tua piccola che sta crescendo, che è riuscita a non arrendersi alle prime difficoltà, che ti ringrazia perché immagina che i suoi successi siano dovuti a te.

Ringrazio le mie coinquiline Giuliana e Silvia diventate insieme a Francesca la mia seconda famiglia a tutti gli effetti. Siamo state un connubio fantastico, ci siamo aiutate e date forza l’un l’atra in ogni momento e vi ringrazio perché avete reso quest’esperienza unica ed indimenticabile, sono onorata di aver portato a termine il percorso con voi al mio fianco.

Ringrazio Giorgia, mia nuova amica trovata lungo questo percorso, e la sua dolcezza, ti ringrazio per essermi stata così vicina soprattutto durante questi ultimi mesi di stesura della tesi.

Francesca, mia compagna di studio fedele ed inseparabile dal secondo anno di università, migliore amica già da prima e ufficialmente un membro della famiglia da quando abbiamo convissuto insieme. Senza di te sai perfettamente che forse non ce l’avrei fatta. Sei riuscita a mettere dell’ordine nel mio mondo dei sogni ed io un po' di leggerezza nel tuo mondo molto più realistico: credo questa sia stata la chiave del nostro duo che resterà così per sempre. Ho fatto affidamento su di te per ogni cosa: mi hai organizzato la vita, le giornate, la mole di studio, le pause studio. Mi hai sempre ascoltato, aiutato in ogni cosa, ci sei sempre stata in ogni momento, ti preoccupavi e ti dispiacevi per me quando qualcosa non andava secondo i piani. Abbiamo cercato di fare tutto insieme anche la tesi ed il tirocinio e nonostante questa volta non ci fossimo riuscite, tutti i giorni anche a distanza ci siamo continuate ad aiutare a vicenda ancora per quest’ultimo step finale. Non smetterò mai di ringraziarti nemmeno in futuro perché so esattamente che continuerai ad accompagnarmi ed aiutarmi in ogni mio percorso.

Vorrei, inoltre, ringraziare: mio cugino Andrea, sua moglie Annalù, mio cugino Vincenzo per essersi presi cura di me e delle mie coinquiline qui a Torino; i miei fratelli Valeria e Donato, mio cugino Donato, i miei amici di sempre: Alberta, Annapaola, Carlo, Sara e Virginia che sono stati sempre presenti in questi cinque anni.

Infine, ringrazio i miei nuovi amici e tutti coloro che mi vogliono bene e che hanno creduto in me in questa bellissima esperienza.