

POLITECNICO DI TORINO

Collegio di Ingegneria Gestionale

Corso di Laurea Magistrale in

Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea Magistrale

“Impatti dell'Internet of things nella gestione della logistica interna e del material handling. La funzione della Control Tower”



Relatore

Prof. Rafele Carlo

Candidato

Dellapiana Riccardo

Matricola S255046

Anno accademico 2019/2020

Alla mia famiglia e a tutti quelli che mi

hanno sempre sostenuto.

A te, nonno

Indice

Introduzione	5
1. Supply Chain	6
1.1. Definizione Supply Chain	6
1.2. Tradizionali funzioni logistiche	9
1.3. Presentazione di una generica Supply Chain	10
1.4. Sfide del Supply Chain Management	16
1.5. Aspetti strutturali di una rete logistica multilivello	19
1.6. Misura delle performance di una Supply Chain	21
2. Industria 4.0	26
2.1. Cenni storici	26
2.2. Tecnologie abilitanti	29
2.2.1. Internet of Things (IoT)	30
2.2.1.1. RFID	31
2.2.1.2. WSN	32
2.2.1.3. Middleware	33
2.2.1.4. Cloud Computing	33
2.2.1.5. Applicazioni software IoT	34
2.2.1.6. Tecnologia strategica per la logistica	34
2.2.1.7. Evoluzione delle tecnologie IoT	37
2.2.2. Additive manufacturing	40
2.2.3. Digital fabrication	41
2.2.4. Robotica programmabile	41
2.2.5. Cloud Computing	42
2.2.6. Big Data	43

2.2.7.	Intelligenza artificiale	45
2.2.8.	Cyber security	46
2.3.	Benefici e cambiamenti	47
2.4.	Concetti fondamentali dell'industria 4.0	49
3.	Control Tower	52
3.1.	Esternalizzazione della logistica	52
3.1.1.	Fornitori di servizi logistici	54
3.1.2.	Evoluzione dei fornitori di servizi logistici	55
3.1.2.1.	First Party Logistic (1PL)	57
3.1.2.2.	Second Party Logistic (2PL)	57
3.1.2.3.	Third Party Logistic (3PL)	58
3.1.2.4.	Fourth Party Logistic (4PL)	61
3.2.	Collocamento della Control Tower nella Supply Chain	65
3.3.	Una visione generale sulla Control Tower	68
3.4.	Ruolo e principi di funzionamento della Control Tower	70
3.5.	Architettura funzionale	72
3.5.1.	MAPE-K	72
3.5.2.	Cinque livelli	73
3.6.	Elaborazione dei dati in background nella Control Tower	78
3.7.	Modelli di Control Tower esistenti	79
3.7.1.	La Control Tower di Board	80
3.7.1.1.	Caso Parrot	81
3.7.2.	La Control Tower per Accenture	83
3.7.2.1.	Caso Dell	87
3.7.2.2.	Caso ETS	87

3.7.3.	La Control Tower di Kuehne+Nagel	88
3.8.	Esempio applicativo	90
3.8.1.	Metodo di ricerca	90
3.8.2.	Le pratiche passate della Control Tower	92
3.8.3.	Trends futuri della Control Tower	97
4.	Conclusioni	101
4.1.	Risultati del lavoro di tesi	101
4.2.	Limiti del lavoro di tesi	102
4.3.	Passi futuri per la ricerca	102
	Bibliografia	104
	Sitografia	107
	Ringraziamenti	109

Introduzione

Il presente elaborato ha come obiettivo finale quello di analizzare gli impatti dell'Internet of Things nella gestione della logistica interna utilizzando una Control Tower logistica. La motivazione risiede nel fatto che le supply chains delle aziende stanno diventando sempre più grandi e complesse, per cui le aziende, per far fronte a queste problematiche, necessitano di strumenti sempre più all'avanguardia; uno di questi strumenti è la Control Tower logistica.

In letteratura la Control Tower logistica non è stato un tema molto dibattuto dagli studiosi; infatti, sono le aziende stesse che hanno sviluppato al loro interno questo strumento per adattarsi all'evoluzione del settore, e per questo ogni azienda aveva sviluppato una propria Control Tower che si differenzia dalle altre. Nonostante molte differenze, tutte le Control Tower seguono uno schema base.

Il lavoro è stato impostato nel seguente modo: in prima battuta è stata descritta una generica supply chain, andando a schematizzare i possibili fattori caratterizzanti; dopodiché sono state presentate diverse problematiche legate ad essi, attraverso le sfide del supply chain management, che ha permesso di valutare le problematiche risolvibili tramite l'utilizzo di una Control Tower logistica.

Nella seconda parte del lavoro è stato descritto il processo evolutivo che ha avuto inizio con la prima rivoluzione industriale e che sta proseguendo con l'industria 4.0, per andare a comprendere gli strumenti che permettono il funzionamento di una Control Tower. Lo strumento più importante è l'Internet of Things (IoT), dato che uno dei principi della Control Tower è il monitoraggio in tempo reale.

La terza parte del lavoro è iniziata descrivendo l'outsourcing logistico e andando ad analizzare gli operatori logistici, in quanto sono fruitori della Control Tower e di tutti quegli strumenti legati alle supply chain. Successivamente è stata descritta una generica Control Tower sia dal punto di vista funzionale che architetture; infine è stato presentato un esempio applicativo tratto dalla letteratura scientifica.

Nell'ultima parte dell'elaborato sono tratte le conclusioni e i possibili sviluppi futuri legati all'utilizzo di una Control Tower.

1. Supply Chain

1.1 Definizione Supply Chain

In letteratura esistono molte definizioni di “supply chain”: LaLonde e Masters hanno proposto una definizione secondo cui una supply chain è un insieme di imprese che si scambiano prodotti, nel senso che operano sul mercato un numero definito di imprese indipendenti che sono coinvolte una dopo l'altra in uno scambio di prodotti, che possono essere materie prime, componenti, prodotti assemblati, servizi di trasporto, servizi di immagazzinaggio, fino al consumatore finale. Una definizione simile è quella data da Christofer, secondo cui una supply chain è il reticolo di organizzazioni che sono coinvolte, sia con collegamenti verso monte sia con collegamenti verso valle, nei diversi processi e attività che producono valore nella forma di prodotti e servizi per il consumatore finale. Una ulteriore definizione è quella data da Lambert, Stock ed Ellram, che hanno definito la supply chain come l'allineamento di più imprese che procurano prodotti o servizi al mercato. In questa terza definizione è possibile notare come venga incluso nella supply chain anche il consumatore finale [1].

Riprendendo le tre definizioni date, è possibile caratterizzare la supply chain come l'insieme di tre o più entità, che possono essere organizzazioni o individui, direttamente coinvolti nel flusso verso monte e verso valle di prodotti, servizi, finanze e/o informazioni da una fonte primaria al consumatore. È importante notare, inoltre, che una stessa impresa può essere parte di più supply chain, aspetto che sottolinea ancora una volta l'importanza del network che si crea tra più imprese.

Una definizione più recente definisce la supply chain come il sistema di organizzazioni, persone, attività, informazioni e risorse coinvolte nel processo atto a trasferire o fornire un prodotto o un servizio dal fornitore al cliente [1]. In questa ultima definizione viene messo in risalto il fatto che l'intera supply chain, qualunque sia la sua complessità, ha come obiettivo finale quello di rispondere ad un bisogno del consumatore finale, che quindi viene inserito all'interno della catena di approvvigionamento.

Una rappresentazione grafica di una generica supply chain è nella Figura 1 [II]:



Figura 1: Rappresentazione di una generica Supply Chain

Nel contesto appena delineato, può diventare importante il concetto di Supply Chain Management, cioè come controllare, monitorare e misurare il flusso di materiali, informazioni e risorse economiche tra le imprese coinvolte nella supply chain. “Un primo approccio può essere quello di considerare la supply chain come un sistema unico e non come l’insieme di più nodi, cioè vederla esclusivamente nel suo insieme piuttosto che come il collegamento tra più singole parti. In altre parole, in questa visione, bisogna gestire il flusso totale di beni dal produttore al consumatore. Per quanto detto, il supply chain management diventa in questo senso la gestione dell’insieme di modalità con cui una singola impresa che fa parte della supply chain può influenzare le prestazioni delle altre imprese del network e quindi della supply chain vista nel suo complesso [1].

Riassumendo quanto detto fin qui, le attività principali del supply chain management quando la supply chain è vista come un’unica entità sono:

- Condividere mutuamente rischi e guadagni: questa attività è una delle basi per la collaborazione a lungo termine tra le imprese che fanno parte della supply chain.
- Definire lo stesso obiettivo per tutte le singole imprese: questo è il fattore che determina il successo o il fallimento delle attività all’interno della supply chain. Infatti, avere lo stesso obiettivo consente di comprendere le attività ridondanti all’interno del network in modo tale da ridurre i costi ed essere più efficienti.

- Integrare i comportamenti delle singole imprese e fare in modo che queste cooperino: è questa l'attività principale del supply chain management in quanto è necessario che le imprese rispondano dinamicamente ai bisogni dei consumatori e non è possibile farlo senza integrazione tra le componenti della supply chain.
- Costruire una collaborazione di lungo termine tra le imprese: la relazione che lega le componenti della supply chain dovrebbe durare più di quanto stabilito dai contratti commerciali stipulati, al limite non dovrebbe mai avere fine, e ogni impresa dovrebbe essere legata ad un numero limitato di altre imprese, in modo tale da facilitare la cooperazione.
- Condividere mutuamente informazioni lungo la supply chain: questa attività consente la pianificazione ed il controllo dei processi; inoltre, la condivisione di informazioni lungo la supply chain consente di avere a disposizione i dati necessari per le decisioni tattiche e strategiche, cioè per le decisioni sia di breve che di lungo periodo. Un altro aspetto da considerare a questo proposito è l'incertezza: la condivisione delle informazioni sui livelli di inventario, sulle previsioni, sulle strategie di vendita e di marketing consente di ridurre l'incertezza e la variabilità lungo la supply chain, migliorando le prestazioni dell'intera catena di distribuzione.
- Integrare i processi delle singole imprese: questa attività richiede di integrare il reperimento delle materie prime, la manifattura e la distribuzione lungo la supply chain tramite gruppi di lavoro condivisi tra le imprese del network, condivisione di personale tra fornitori e consumatori e utilizzo di fornitori di servizi esterni.

Un altro approccio di gestione della supply chain riguarda i processi: Davenport ha definito un processo come l'insieme di attività strutturate e misurabili progettate per produrre uno specifico output per un particolare consumatore o mercato. LaLonde, riprendendo questa definizione, ha definito il supply chain management come il processo di gestione delle relazioni, delle informazioni e del flusso di materiali oltre i confini aziendali con l'obiettivo di fornire al consumatore finale un servizio o prodotto migliore attraverso la gestione sincronizzata del flusso di beni fisici e tutte le informazioni associate dall'approvvigionamento al consumo finale [1]. In questa visione per gestire al meglio la supply chain, tutte le imprese devono andare oltre le proprie singole funzioni e

attività e tutte le componenti della catena di approvvigionamento devono avere come obiettivo quello di soddisfare il consumatore finale. Secondo questa visione, solo in questo modo si raggiunge l'efficienza a livello di supply chain complessiva.

1.2 Tradizionali funzioni logistiche

Le tradizionali funzioni logistiche sono [2]:

- **Acquisto/Approvvigionamento:** processo decisionale per stabilire cosa acquistare e da chi tenendo in considerazione prezzo e qualità;
- **Controllo dell'inventario:** determinare tramite appositi studi la quantità ottima e la locazione più idonea della merce in magazzino; stabilire dei piani di riapprovvigionamento che si attivano in modo automatico tramite dei trigger points in modo da avere sempre una scorta di merce in magazzino ed evitare lo stock out;
- **Immagazzinaggio:** si occupa della conservazione delle merci, del mix di prodotti e dei materiali alla rinfusa; sono svolte le attività di raccolta, impacchettamento e spedizione della merce; si stabilisce cosa immagazzinare e la parte di deposito più consona a contenere tali prodotti;
- **Movimentazione dei materiali:** si decide come devono essere movimentati i prodotti; si svolgono le operazioni di preparazione dei pacchi e dei container; definizione del layout ottimale del magazzino;
- **Processare gli ordini:** controllo dello stato dell'ordine dal ricevimento fino alla consegna, passando per le fasi di preparazione e spedizione; gestione degli ordini;
- **Mezzi di trasporto:** gestione dei trasporti in entrata e in uscita dal magazzino; distinzione tra trasporti nazionali ed internazionali; scelta della modalità di trasporto (rotaia, stradale, aerea, navale, ecc);
- **Assistenza clienti:** fornire assistenza ai clienti su base geografica e in base alla linea di prodotti;
- **Gruppo di pianificazione:** determinare la posizione ottima della struttura e la progettazione della rete; pianificazione della domanda tramite metodi di previsione.

È possibile individuare sette condizioni principali che i servizi logistici devono garantire per le imprese e per i consumatori: bisogna fornire il giusto prodotto (1), nella giusta

quantità (2), nel momento esatto (3), nelle condizioni desiderate (4), nel posto giusto (5), al giusto cliente (6), al minor costo possibile (7). Le prime sei condizioni presentate rappresentano obiettivi di efficacia, mentre la settima è l'obiettivo di efficienza.

1.3 Presentazione di una generica Supply Chain

Uno degli aspetti fondamentali da considerare nello studio di una supply chain tradizionale è la complessità dei prodotti quando questi sono assieme, cioè quando sono composti da più parti che devono interagire tra di loro in modo tale da formare un unico prodotto finale partendo da più sottoprodotti o subassemblati o, ancora, da più particolari elementari [3]. Il motivo di questa affermazione è che nel caso in cui il prodotto finale sia composto da più parti occorre una ulteriore coordinazione tra le varie componenti della supply chain, in quanto queste devono fornire i loro subassemblati entro i tempi prefissati e rispettare i tassi di produzione di tutti gli altri nodi che fanno parte della filiera, in quanto se ciò non avvenisse si avrebbero dei ritardi nell'intera supply chain, perché sarebbe impossibile completare l'assieme senza tutti i subassemblati che lo compongono.

Nel caso di bassa varietà, l'assemblatore finale potrebbe preferire assemblare al suo interno la maggior parte dei moduli in quanto la difficoltà dell'operazione in relazione alla varietà non è molto alta. Alternativamente, nel caso di alta varietà, l'assemblatore finale potrebbe considerare l'opzione di assegnare a sub-assemblatori il compito di assemblare i vari moduli provenienti dai fornitori all'interno della supply chain. Si parla in questo ambito di due tipi di supply chain, la supply chain modulare, in cui sono presenti subassemblatori intermedi, e di supply chain non modulare come mostrato nella Figura 2 [3]:

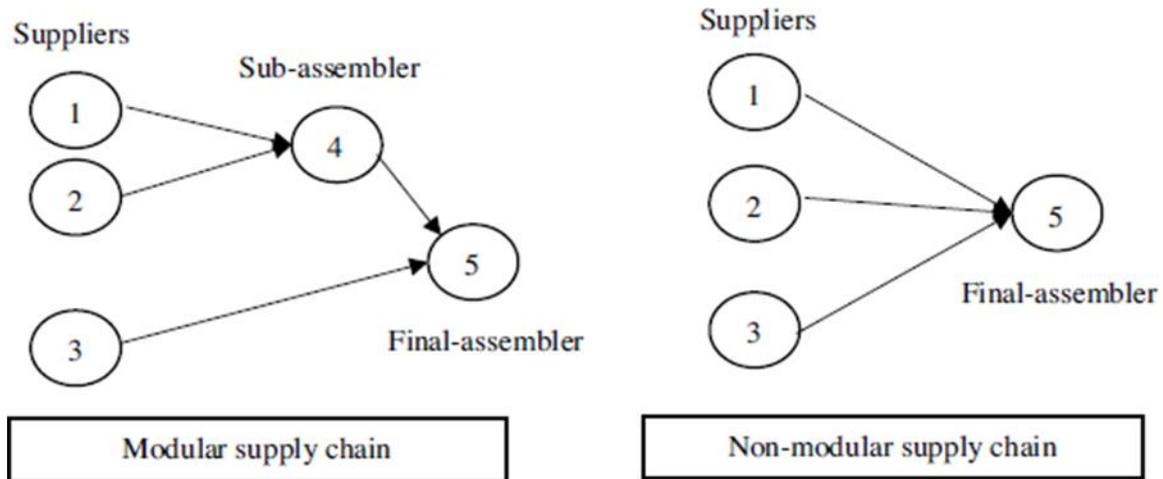


Figura 2: Schemi rappresentativi della supply chain modulare e della supply chain non modulare

La varietà di prodotto offerta dalle imprese sul mercato è aumentata molto negli ultimi anni. A qualunque settore ci si riferisca, avere sul mercato un'alta varietà di prodotti è sempre una grande sfida dal punto di vista della produzione. Molti studi hanno dimostrato che un'alta varietà di prodotti ha impatti negativi sulle performance dei sistemi manifatturieri, ad esempio poiché aumenta la complessità della produzione, diminuendo la qualità e la produttività [4].

Con l'obiettivo di far fronte alle problematiche derivanti dall'alta varietà, molte aziende manifatturiere hanno adottato la progettazione modulare per i loro prodotti. Ciò significa che il prodotto finale è scomposto in più moduli con interfacce standard. Ogni modulo può quindi essere prodotto in grandi quantità e le economie di scala possono essere mantenute.

La complessità in una supply chain di questo tipo è data da diversi fattori: la struttura della supply chain, il livello di varietà di prodotto per ogni nodo della supply chain e l'incertezza della domanda per ogni nodo. La struttura della supply chain è determinata dal numero di nodi che la compongono e dalle relazioni tra di essi. Il livello di varietà del prodotto per ogni nodo è il numero di varianti prodotte dal singolo nodo. L'incertezza della domanda deriva dal mix di varianti prodotte ad ogni nodo, che riguarda anche la probabilità che nei nodi a valle vengano richieste determinate varianti [3].

Per concludere quanto detto fin qui, è necessario analizzare la supply chain dal punto di vista decisionale. Per raggiungere l'obiettivo di proporre sul mercato un'alta varietà di prodotto, le aziende manifatturiere implementano una strategia di rinvio delle decisioni,

che è resa possibile dalla modularità dei prodotti. L'essenza di questa strategia è quella di rimandare la decisione su come proporre il prodotto al consumatore finale e ciò significa che viene spostato più a valle possibile il nodo in cui avviene la differenziazione del prodotto. In ogni caso, è stato osservato nella realtà che il punto di differenziazione del prodotto e quindi la possibilità di introdurre varianti sul mercato è spesso determinato e fisso nella supply chain. Per esempio, il problema della configurazione della supply chain riguarda la selezione dei fornitori e dei processi per ogni stage della supply chain e ciò presuppone che gli stage della supply chain siano già determinati, riducendo, se non azzerando, le possibilità che il punto di differenziazione possa essere modificato a seconda delle esigenze date dal mercato che deve soddisfare l'assemblatore finale.

Infine, è rilevante il modo in cui tutti questi fenomeni variano nei differenti contesti globali; sono rappresentati in Figura 3 [1].

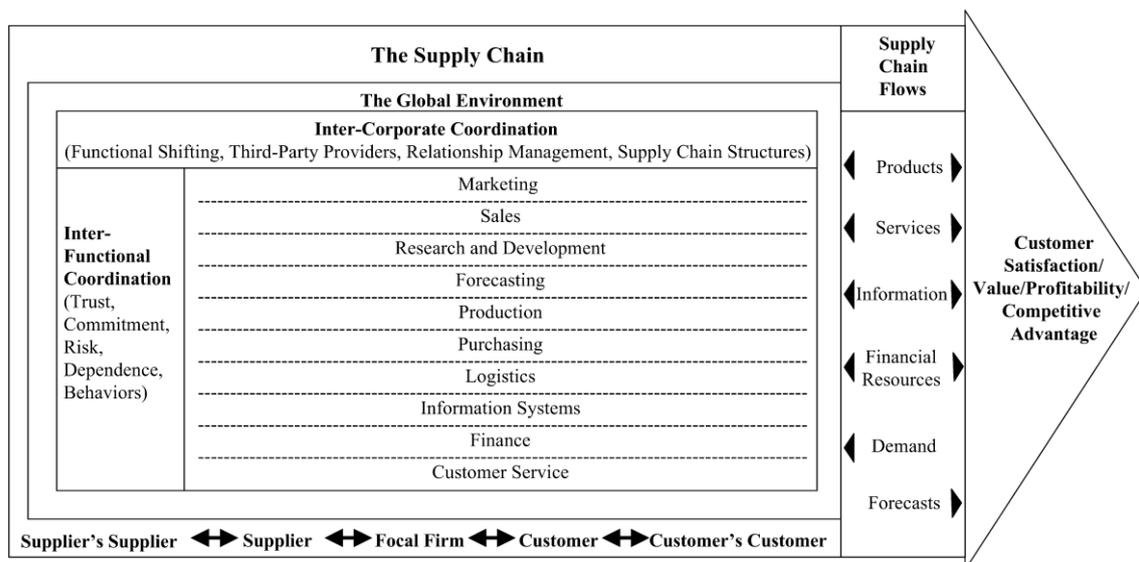


Figura 3: Modello di una Supply Chain Management

Tutti i processi differiscono sotto qualche aspetto: entro certi limiti, tutti i processi vanno gestiti diversamente. Alcune differenze tra i processi sono tecniche, nel senso che per produrre prodotti e servizi diversi occorrono competenze e tecnologie differenti. I processi differiscono anche in base alla natura della domanda di prodotti e servizi. Il modo in cui vanno gestiti i processi è influenzato da quattro caratteristiche (le "quattro V" dei processi) [2]:

- Il volume dei prodotti e dei servizi
 - Processi con bassi volumi di output:
 - Minore ripetitività
 - Mancanza di tecnologia efficiente ad alta produttività
 - Il personale svolge un'ampia gamma di compiti
 - Processi con elevati volumi di output:
 - Alto grado di ripetibilità
 - Sistematizzazione delle attività attraverso la codifica di procedure standard e la redazione di manuali di istruzioni
 - Maggiori probabilità di produrre prodotti o servizi a bassi costi unitari
 - Tecnologia specializzata per assicurare maggiori efficienze nel processo
 - Personale specializzato nei propri compiti
- La varietà dei prodotti e dei servizi
 - Processi con una grande varietà di prodotti e servizi
 - Processi più complessi e più costosi
 - Ampia gamma di attività eterogenee, con passaggi relativamente frequenti da un'attività all'altra
 - Ampio ventaglio di competenze e tecnologie di tipo "general purpose"
- La variabilità della domanda per i prodotti e per i servizi
 - Processi con domanda variabile e/o imprevedibile
 - Risorse adeguate nel tempo (il processo deve prevedere delle risorse aggiuntive per avere una riserva di capacità in grado di assorbire una domanda inattesa)
 - Processi con domanda prevedibilmente costante
 - Attività pianificate in anticipo
 - Costi inferiori
 - Risorse dimensionate su un livello corrispondente alla domanda
 - Più facili da gestire
- Il grado di visibilità dei clienti sulla produzione dei prodotti e dei servizi
 - Processi con bassa visibilità
 - Processo prevalentemente industriale

- L'intervallo temporale tra la richiesta del cliente e la consegna del prodotto si può misurare in giorni
- Comunicano con i clienti tramite canali meno immediati come il telefono o internet
- Costi inferiori
- Processi con alta visibilità
 - Costi più elevati
 - Capacità di relazione con il cliente, per influenzare positivamente la percezione della performance del processo
 - Breve tolleranza dell'attesa

La gestione delle operations e dei processi implica numerose decisioni che stabiliscono la finalità complessiva, la struttura e le pratiche operative. Le attività di operations management si possono raggruppare in quattro macro-categorie:

- Dirigere la strategia complessiva delle operations
- Progettare i prodotti, i servizi e i processi delle operations
- Pianificare e controllare l'esecuzione del processo
- Sviluppare le performance del processo

Un modello di business è il piano da realizzare da parte di un'impresa per generare ricavi e realizzare profitti. Comprende le varie componenti e funzioni organizzative dell'azienda, il fatturato che essa produce ed i costi cui è soggetta.

Un modello operativo è una progettazione di alto livello dell'organizzazione che definisce la struttura e lo stile che consentono all'organizzazione di conseguire i propri obiettivi di business. Offre una visione dell'azienda in termini dei rapporti chiave tra le funzioni, i processi e le strutture necessari all'organizzazione per adempiere alla propria missione.

I livelli decisionali nella supply chain sono i seguenti [2]:

- Sul piano strategico si tratta di definire la struttura e l'utilizzo del network fisico per raggiungere gli obiettivi di business a minor costo. A questo livello si prendono decisioni con effetti a lungo termine sull'impresa. Si includono decisioni riguardanti numero, posizione e capacità dei magazzini e degli impianti di produzione ed il flusso di materiali che attraversa la rete logistica.

- Sul piano tattico il supply chain management riguarda le attività di previsione della domanda, produzione, distribuzione e del trasporto e dei relativi metodi di gestione. Questo livello include decisioni che sono tipicamente aggiornate da una volta ogni tre mesi ad una volta l'anno. Si tratta di decisioni d'acquisto e di produzione, politica di magazzino e strategie di trasporto quindi la frequenza di consegna ai clienti.
- Sul piano operativo riguarda la programmazione delle operazioni e della trasmissione in tempo reale delle informazioni che consentono di avere la conoscenza dello stato del singolo stabilimento. Questo livello si riferisce a decisioni giornaliere quali ad esempio di programmazione, di quantificazione del lead time, di routing e carico dei trasporti.

I principali attori all'interno di una supply chain sono gli agenti di produzione, che agiscono nei nodi della rete e possono essere retailer, dealer e wholesaler, centri di distribuzione e impianti di produzione, e gli agenti di servizio, che agiscono per favorire i collegamenti tra i nodi, quali ad esempio le aziende di trasporto e le aziende di servizi.

Per definire un insieme di aziende che operano in un ambiente condiviso si fa riferimento al concetto di azienda virtuale, che viene definita come l'insieme di unità operative autonome che agisce in modo integrato e organico per configurarsi ogni volta meglio come catena del valore più adatta per perseguire le opportunità di business che il mercato presenta.

Da metà degli anni '90 le aziende, sempre meno entità autonome e sempre più inserite in catene di relazioni, focalizzano la loro attenzione sui processi di integrazione della supply chain e sulla value chain, ovvero la collaborazione tra tutti gli attori che stanno a monte dell'interfaccia offerta all'utilizzatore finale e che costituiscono una filiera, cioè una catena del valore. Qual è il valore che percepisce il cliente? Il valore può derivare dalla qualità delle materie prime, dalla velocità di consegna, dal gusto personale, dall'esperienza ambientale quando visita il centro di vendita, dal servizio offerto, dalla posizione, dalle varianti di prodotto offerte, dal packaging, dalla reputazione, ecc. Tra questi è importante notare che molti sono aspetti logistici, ad esempio la posizione, la localizzazione, i tempi di trasporto, la tracciabilità, le varianti, ecc. Per studiare come si

crea il valore in una supply chain bisogna sempre porsi al fondo e poi risalirla, in modo tale da comprendere sempre appieno come si crea valore per il consumatore finale.

1.4 Sfide del Supply Chain Management

Per concludere il capitolo introduttivo di questo elaborato, vengono presentate le principali sfide del supply chain management. Il motivo dell'inserimento di questo paragrafo è che nei prossimi capitoli si parlerà di uno strumento utilizzato per ovviare a questi problemi: la Control Tower.

Le principali sfide del Supply Chain Management sono [2]:

- Misurare: come si può misurare un sistema?
- Distribuzione del potere: chi deve avere il potere di condizionare l'altro all'interno di una supply chain?
- Visibilità: chi può vedere cosa e quanto facilmente? I dati, ad esempio relativi al magazzino di ogni nodo all'interno della supply chain, devono essere visibili agli altri partecipanti alla catena?
- Incertezza: chi conosce esattamente cosa sta succedendo? Esiste incertezza a vari livelli all'interno della supply chain, ad esempio relativamente alla domanda o alla fornitura di materie prime per la produzione.
- Complessità: la complessità nelle supply chain sta aumentando sempre di più, ad esempio in merito all'esplosione del numero di SKU e ai canali di distribuzione.
- Operazioni a livello globale: molte imprese sono sempre più aperte ma come si gestisce la globalità nelle operazioni?

Riassumendo quanto detto fin qui, è possibile dire che le principali sfide del Supply Chain Management sono l'ottimizzazione complessiva ed il coordinamento dei partecipanti alla catena logistica e la gestione dell'incertezza. A proposito del coordinamento, bisogna considerare che l'allungamento delle catene logistiche e la loro frammentazione non sarebbero possibili senza un adeguato sistema di controllo che permetta di gestire i flussi fisici ed i flussi informativi legati allo scambio di beni e servizi a livello planetario, in modo tale da garantire un adeguato livello di efficienza per contenere i costi e non perdere importanti economie di localizzazione, efficacia per garantire un elevato livello di servizio al cliente e rapidità. La coordinazione migliora se tutti i nodi della catena agiscono in

modo tale da incrementare i profitti dell'intera supply chain. Il coordinamento della supply chain richiede che ogni elemento tenga in conto l'impatto che le sue azioni hanno su ogni altro anello della catena.

Le cause della mancanza di ottimizzazione e coordinamento risiedono principalmente nel fatto che differenti stadi della supply chain hanno diversi proprietari e quindi obiettivi diversi, cioè che ognuno massimizza il proprio profitto, riducendo quello totale della supply chain. Le informazioni tra differenti stadi giungono in ritardo o distorte, anche a causa dell'ampia varietà di prodotti.

Gli ostacoli al coordinamento nella supply chain sono riassumibili in cinque categorie:

- Incentivi: una non corretta politica di incentivazione crea condizioni per cui gli stimoli offerti ai differenti livelli o attori della supply chain conducono ad aumentare la variabilità e riducono i profitti totali della supply chain.
- Processo delle informazioni: il processo informativo causa ostacoli qualora l'informazione sulla domanda viene distorta passando da un livello all'altro della supply chain, quindi accresce la variabilità negli ordini.
- Ostacoli operativi: gli ostacoli operativi si riferiscono a decisioni prese al momento della definizione degli ordini che incrementano la variabilità
- Prezzo: esistono situazioni in cui le politiche sul prezzo del prodotto inducono ad un aumento della variabilità degli ordini, ad esempio quando la dimensione dei lotti è basata sulle quantità di sconto
- Comportamento: ci si riferisce ai problemi di apprendimento all'interno delle organizzazioni che portano all'effetto bullwhip. Queste difficoltà sono spesso collegate al modo in cui la supply chain è strutturata e a come avviene la comunicazione tra i differenti livelli.

Dopo aver individuato le difficoltà, bisogna ora considerare come agire per superare gli ostacoli presentati e ottenere coordinamento nella supply chain:

- Allineamento degli obiettivi e degli incentivi: gli obiettivi che ogni funzione usa per valutare le decisioni devono essere allineati con quelli dell'intera azienda. Tutte le decisioni su attrezzature, trasporti e magazzino devono essere valutate per il loro impatto sui profitti e non sui costi totali o sui costi locali.

- Migliorare l'accuratezza delle informazioni: la domanda che l'intera supply chain deve soddisfare è quella del cliente finale. Se il retailer condivide i dati con gli altri livelli della supply chain, ognuno potrà prevedere la domanda futura basata sulla domanda del cliente. Una volta condivise le informazioni dal retailer, occorre agire congiuntamente per ottenere coordinamento. Quando un singolo livello della supply chain controlla le decisioni di rifornimento dell'intera catena, infine, il problema delle previsioni differenti è eliminato.
- Migliorare le performance operative: ridurre il lead time di rifornimento è in particolar modo benefico per prodotti "stagionali", poiché permette a ordini multipli di essere evasi nella stagione stessa, aumentando l'accuratezza delle previsioni. Ridurre le dimensioni dei lotti fa decrescere le fluttuazioni accumulabili tra due livelli della supply chain, con riduzione dell'effetto bullwhip. Infine, il razionamento delle forniture scoraggia i retailer ad inflazionare artificialmente gli ordini. Un tipico approccio è quello di distribuire le forniture disponibili secondo le vendite passate dei retailer invece che sugli ordini attuali.
- Progettare strategie di prezzo: il livello manageriale può ridurre l'effetto bullwhip attuando strategie di prezzo che inducano i retailer a ordinare in lotti più piccoli e ridurre l'acquisto in anticipo. Offrendo sconti basati sui volumi si limitano gli incentivi ad aumentare le dimensioni dei lotti poiché gli sconti volume-based considerano gli acquisti totali durante un periodo definito invece degli acquisti in un singolo lotto. L'eliminazione delle promozioni dissuade, inoltre, dall'acquisto in anticipo dei retailer, quindi gli ordini effettuati coincideranno con la domanda finale.
- Costituire partnership e fiducia: il livello manageriale troverà più semplice agire sulle leve finora discusse per diminuire l'effetto bullwhip e ottenere coordinamento se si crea un rapporto di fiducia e si costituiscono partnership stabili all'interno della supply chain.

Considerato l'elemento di coordinazione, bisogna considerare la gestione dell'incertezza. Quest'ultima è un elemento sempre presente nella domanda ed è dovuta a variabilità e casualità. La domanda non è la sola fonte di incertezza: oltre ad essa, devono essere considerati i lead time, i tempi di trasporto, gli eventi naturali, la capacità produttiva, ecc.

Come noto, le fluttuazioni degli ordini aumentano nella supply chain a partire dai dettaglianti, i grossisti, i produttori fino ai fornitori. L'effetto bullwhip distorce le informazioni sulla domanda ai diversi livelli della catena logistica, creando differenti stime della domanda ai vari stadi. La mancanza di coordinamento della supply chain e l'incertezza aumentano gli effetti distorsivi.

L'effetto bullwhip colpisce diversi aspetti nelle performance della supply chain, come ad esempio i costi di produzione, i costi di magazzino, i lead time di rifornimento, i costi di trasporto, i costi operativi di spedizione e ricezione delle merci, i livelli di disponibilità del prodotto e le relazioni all'interno della supply chain.

1.5 Aspetti strutturali di una rete logistica multilivello

Le decisioni di localizzazione sono legate in primo luogo all'orientamento di una rete logistica. La necessità di effettuare o rivedere le decisioni circa la localizzazione dei siti è dovuta a:

- Fattori sul versante della domanda: una variazione in aumento o in diminuzione dei volumi di domanda può richiedere una revisione delle decisioni di localizzazione, oltre che quelle di dimensionamento di un sito produttivo o logistico.
- Fattori sul versante dell'offerta: la diversa natura economica, la disponibilità dei fattori produttivi o aspetti di natura giuridica, fiscale, sociale o ambientale possono rappresentare importanti stimoli per una rivisitazione delle proprie scelte di localizzazione.

I principali fattori che possono influenzare le decisioni di localizzazione sono:

- Fattori strategici:
 - Mercato: seguendo un orientamento al mercato, gli impianti e i siti di stoccaggio vengono preferibilmente posizionati il più vicino possibile ad esso o, comunque, in modo da garantire il maggior servizio possibile al cliente; ogni impianto è geograficamente ben localizzato e dedicato a produrre l'intera gamma di prodotti per un ben definito mercato.
 - Prodotto: secondo l'orientamento al prodotto, la configurazione della rete logistica prevede una forte aggregazione e centralizzazione dei siti produttivi

in modo da conseguire rilevanti economie di scala. Ogni impianto è focalizzato su una ristretta famiglia di prodotti.

- Processo: adottando un orientamento al processo, diversi siti produttivi, localizzati in differenti aree geografiche, si specializzano su una parte del processo produttivo, permettendo così economie di scala nella produzione di semilavorati.
- Fattori che impattano sui costi: tra i fattori che influiscono sui costi, molto importanti sono la disponibilità e la qualità della manodopera, del terreno, dell'energia, il costo dei trasporti e le normative fiscali locali.
- Fattori che impattano sul servizio e sui ricavi:
 - Il livello di servizio e i ricavi ad esso connessi fanno da contraltare ai costi che l'azienda si trova ad affrontare per poter competere nel business.
 - Ricavi e livello di servizio sono fortemente correlati tra loro. Per diminuire le attese del cliente, aumentandone il soddisfacimento, occorre trovarsi il più possibile nelle sue vicinanze.
 - L'adeguatezza e l'immagine del luogo, nonché l'accessibilità e la comodità per il cliente sono altri fattori che impattano sul grado di servizio offerto e quindi sui ricavi potenziali.
- Fattori tecnologici:
 - Le caratteristiche delle tecnologie di produzione disponibili esercitano un impatto significativo sulle decisioni relative alla configurazione di una rete logistica.
 - Se la natura e il costo delle tecnologie produttive richiedono l'adozione di elevati volumi produttivi, è necessario disporre di un limitato numero di strutture produttive, ciascuna dotata di un'elevata capacità.
- Fattori socio-politici: la stabilità politica di un paese gioca un ruolo significativo nella scelta di una localizzazione. Le aziende preferiscono posizionare le loro strutture produttive e logistiche in zone politicamente stabili dove le regole commerciali e le strutture legali sono ben definite.

La posizione del magazzino/stabilimento è influenzata dai costi di trasporto rispetto ai punti di arrivo da parte dei fornitori e/o di destinazione dei prodotti in uscita verso i

clienti. La scelta ubicazionale viene eseguita in base al criterio di minimizzazione dei costi di trasporto esterni.

1.6 Misura delle performance in una Supply Chain

La definizione di misura delle performance è la seguente: la misura delle performance è il processo di quantificazione dell'efficacia e dell'efficienza delle azioni. L'efficacia è la misura di quanto i requisiti dei consumatori sono soddisfatti e l'efficienza è la misura di come le risorse dell'impresa sono utilizzate in senso economico quando si raggiunge un determinato livello di soddisfazione del cliente [2].

Un indicatore di performance, inoltre, è una variabile che esprime quantitativamente l'efficacia o l'efficienza o entrambe di una parte o dell'intero processo in relazione ad un determinato target.

Al fine di monitorare l'andamento presente e pianificare lo sviluppo futuro di un'organizzazione, è necessario analizzare attentamente le prestazioni dei suoi sottoprocessi attraverso un sistema strutturato di indicatori di performance. Un qualsiasi processo aziendale che non sia sotto controllo non può essere migliorato. Inoltre, senza un sistema organico ed esaustivo di misure, a livello strategico, tattico e operativo, le prestazioni possono essere conosciute soltanto a posteriori. La misura delle prestazioni è importante anche perché influenza il comportamento di ciascun attore del processo sotto controllo che, a sua volta, impatta sulle performance stesse.

La lenta crescita economica, soprattutto nel mondo occidentale, e la crescente competitività spingono ogni settore a concentrarsi su un efficiente ed efficace utilizzo delle risorse logistiche. La logistica è diventata così un fattore critico per creare e mantenere vantaggio competitivo. Inoltre, la logistica nell'ultimo decennio è diventata una componente essenziale della differenziazione del prodotto. Infatti, dato che ormai la maggior parte dei prodotti hanno un livello qualitativo medio-alto, i clienti valutano i fornitori sempre di più sui servizi offerti e, tra questi, c'è la logistica. Ne consegue che la logistica è uno dei driver fondamentali della soddisfazione del consumatore. Pertanto, in ambito logistico, la valutazione delle performance è utile per stimolare continuamente la "tensione" sulla qualità del servizio delle persone che, a tutti i livelli, si interfacciano in qualche modo con i clienti.

I principali benefici della misura delle performance sono:

- Maggior facilità nella revisione delle strategie e nell'identificazione di nuove opportunità di crescita
- Riduzione dei costi operativi
- Miglioramento del servizio al cliente
- Supporto per la giustificazione di piani di sviluppo futuri e dei relativi costi
- Miglioramento della comunicazione, sia all'interno dell'organizzazione sia tra questa e i suoi fornitori, clienti e, in generale, stakeholder
- Maggior facilità di comprensione ed integrazione tra membri di una supply chain

Esistono tre visioni nella misura delle performance:

- **Visione funzionale:** tradizionalmente, la misura delle prestazioni aziendali avveniva per funzioni. In questo contesto, ogni area funzionale misura le prestazioni in maniera isolata dalle altre utilizzando termini e misure proprietarie e valutando gli addetti in base alla capacità di raggiungere gli obiettivi strategici funzionali. I limiti delle misure funzionali sono che gli addetti tendono a guidare le operazioni verso il miglioramento delle prestazioni della propria funzione, a spese delle prestazioni delle altre; inoltre, si giunge spesso a conflitti tra obiettivi organizzativi. Oltre a quanto detto, si manifesta generalmente una tendenza a rinforzare i silos funzionali riducendo l'efficacia della supply chain e portando a processi poco reattivi. Le iniziative di miglioramento delle prestazioni in questo modo sono focalizzate su un unico obiettivo, a scapito dell'aumento dell'efficienza globale della supply chain.
- **Visione per processi:** per favorire l'integrazione della loro supply chain, molte imprese riorganizzano le attività dei silos funzionali attorno ad una serie di processi, cioè gli assi portanti dei tunnel interfunzionali. L'elemento fondamentale del quale misurare le prestazioni cambia: non più la funzione ma il processo nella sua globalità. In questo contesto, si misurano le attività di più funzioni, non si prevede l'eliminazione totale delle misure funzionali, cioè i dati e le informazioni di partenza provengono dalle funzioni, e si dà visibilità agli aspetti strategici delle prestazioni della supply chain.

- Visione strategica: negli ultimi tempi è stato posto l'accento sulla necessità di allineare le misure di performance alla strategia dell'organizzazione. Le misure di prestazione devono tradurre gli obiettivi strategici in termini tali da poter verificare il loro raggiungimento e, eventualmente, definire dei piani di intervento e devono stimolare i soggetti valutati ad operare per il conseguimento di tali obiettivi.

È possibile stabilire una similitudine tra le tre prospettive nella misura delle prestazioni appena presentate e le tappe evolutive del concetto di logistica:

- Anni '60-'70 – visione funzionale della logistica: la logistica è vista come disciplina operativa focalizzata sulle attività fisiche, con l'obiettivo di minimizzare i costi; le attività di interesse della logistica sono concentrate all'interno di un'unica funzione aziendale, la funzione Distribuzione.
- Anni'80 – visione della logistica come processo: la missione della logistica è il coordinamento tra le funzioni approvvigionamenti, produzione e distribuzione; nasce il concetto di processo logistico che integra attività svolte in differenti funzioni aziendali.
- Dagli anni '90 – visione strategica della logistica: a causa del mutamento delle condizioni competitive, nasce l'esigenza di integrazione con i clienti e i fornitori; la logistica assume importanza fondamentale nell'implementazione della strategia aziendale in quanto interviene in decisioni riguardanti la gamma dei prodotti, la rete di fornitura, la rete produttiva e la rete distributiva.

L'obiettivo, ovvero il criterio per la definizione di sistemi di misura in ambito di misura delle prestazioni è lo sviluppo e l'implementazione di un sistema di misura delle performance logistiche che risponda alle seguenti tre esigenze fondamentali:

- Monitoraggio delle attività da parte del management e verifica del livello di servizio
- Confronto dei parametri del processo logistico con gli standard prefissati, con conseguente analisi degli scostamenti
- Motivazione del personale addetto alle attività logistiche

Esistono sei criteri per la definizione di sistemi di misura:

- **Comprehensive:** il sistema di misura cattura tutti gli effetti che una politica provoca su ciascun stakeholder significativo.
- **Causally oriented:** il sistema di misura traccia alla radice le cause di un dato livello di performance.
- **Vertically integrated:** il sistema di misura trasmette la strategia globale di un'organizzazione a tutti i suoi livelli. Le sue metriche sono inoltre connesse con un sistema di incentivi salariali.
- **Horizontally integrated:** il sistema di misura comprende ogni attività e funzione che interessa il processo studiato. Cattura inoltre le varie attività della supply chain, incoraggiando l'integrazione lungo la filiera.
- **Internally comparable:** il sistema di misura è in grado di catturare i trade-off tra le diverse dimensioni di performance.
- **Useful:** il sistema di misura è immediatamente comprensibile da parte del decisore e fornisce una guida utile alle azioni da intraprendere.

In generale, non è possibile definire un sistema di misura che verifichi tutti i criteri presentati. Tra questi esistono infatti dei trade-off. È compito di chi progetta il framework di misura decidere quali caratteristiche sono più critiche per l'organizzazione valutata e garantire il loro soddisfacimento.

2. Industria 4.0

L'origine del termine e del concetto di Industry 4.0 si deve a Henning Kagermann, Wolf-Dieter Lukas e Wolfgang Wahlster, tre consulenti del governo tedesco attivi nel mondo economico, tecnologico e industriale. Nell'aprile del 2011, i tre professionisti presentarono un documento per il futuro della manifattura in Germania durante la Fiera di Hannover.

L'industria 4.0 è la trasformazione digitale delle industrie, in particolare nell'ambito manifatturiero, che si basa sulla raccolta e utilizzo delle informazioni legate a persone, servizi, processi, macchinari e sistemi in modo da realizzare un ecosistema intelligente (smart) generando collaborazione ed innovazione. In chiave più generica definisce l'evoluzione in ambito industriale avuta dal 2011 a oggi verso una maggiore informatizzazione e utilizzo di dispositivi collegati tra loro; in realtà non esiste una definizione canonica. Questa è basata sull'uso di tecnologie dette sistemi cyber-fisici, o cyber-physical systems (CPS). Dei protagonisti principali della sua attuazione sono i dispositivi Internet delle cose (IoT) che permettono la collaborazione all'interno di un'unica grande struttura da parte di mezzi come macchine industriali, sensori, tablet, database, smartphone e attuatori sfruttando concetti come analisi dati, intelligenza artificiale, big data e rete Internet [III].

In senso pratico, l'industria 4.0 è il completo controllo del ciclo produttivo industriale, l'evento che tutti i dispositivi siano collegati e i loro comportamenti siano costantemente immagazzinati e monitorati porta ad una gestione che sarebbe impossibile per un lavoratore umano. Il fatto che le macchine siano costantemente connesse e il salvataggio minuzioso delle informazioni riguardo i loro comportamenti apre ad innumerevoli benefici quali tracciabilità, applicazioni in tempo reale, monitoraggio, controllo remoto, manutenzione predittiva, analisi del funzionamento e aggiornamenti facili e veloci. I punti cardini sono quindi la raccolta di informazioni e la connessione tra i dispositivi, le quali rendono il lavoro utile finale molto maggiore rispetto alla somma del risultato di tutti i singoli dispositivi. Altro aspetto importante è la personalizzazione, in questo modo si può uscire dal formato standard dell'industria e creare un'architettura e metodo di lavoro ottimizzato per i propri obiettivi.



Figura 4: Schematizzazione dei processi dell'industria 4.0 [IV]

Ciò ha portato all'applicazione dello stesso principio anche in molti diversi ambiti come settore sanitario, farmaceutica, urbanistica, statistica, automobilismo, logistica e altri. Possiamo quindi dedurre che l'industria 4.0 è un concetto molto vasto che ancora non ha fissato i suoi limiti ma, anzi, ha un grande potenziale e punta ad espandersi ulteriormente nel futuro.

2.1 Cenni storici

Osservando la storia delle prime tre rivoluzioni industriali si può notare uno spostamento verso ovest degli epicentri che hanno dato origine a tali rivoluzioni: la prima rivoluzione industriale è scaturita alla fine del Settecento in Inghilterra; la seconda rivoluzione industriale ha preso il via sulla sponda nord atlantica degli Stati Uniti d'America alla fine dell'Ottocento; infine, la terza rivoluzione industriale ha avuto origine a metà degli anni Settanta dello scorso secolo sulla West Coast statunitense, in una piccola area nota ai più come Silicon Valley [5].

Partendo dall'Europa e spostandosi verso ovest, ogni volta, di qualche migliaia di chilometri, esattamente ogni cent'anni si sono verificate le condizioni culturali, sociali e tecnologiche per far avvenire una rivoluzione. Osservando questo movimento nessuno si sarebbe aspettato che la Quarta rivoluzione industriale avesse potuto avere origine nuovamente in Europa e invece subito dopo una delle crisi più pesanti che abbia colpito il

mondo occidentale, si sono presentate le condizioni per parlare di rivoluzione industriale, la Quarta rivoluzione industriale, nota come Industry 4.0 [5].

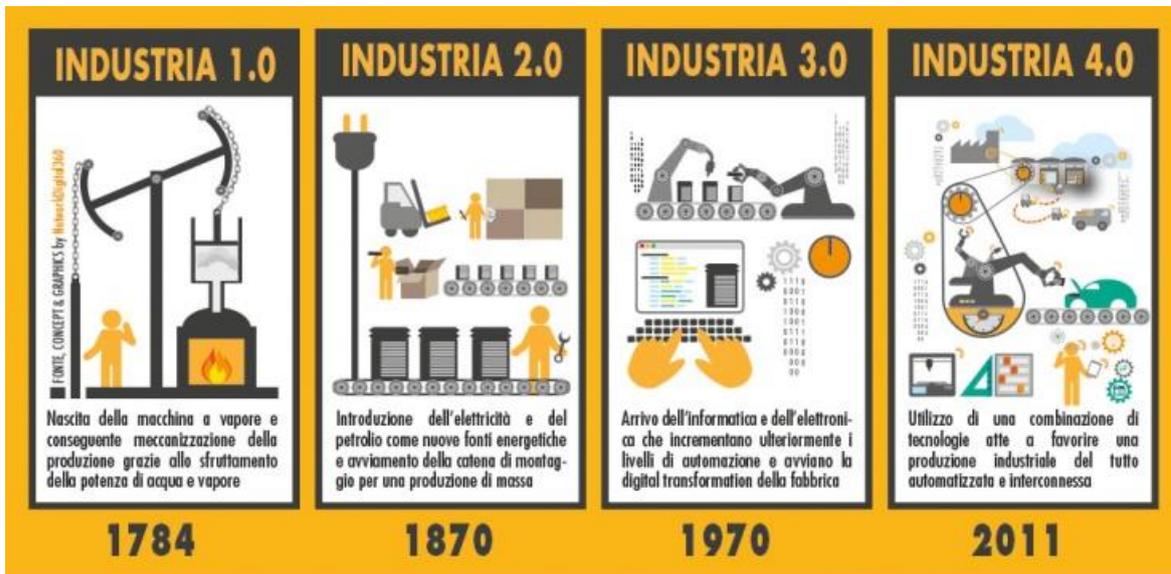


Figura 5: Schematizzazione delle rivoluzioni industriali [V]

Per capire le motivazioni e cause che hanno portato all'Industria 4.0 bisogna ricapitolare le ragioni storiche delle precedenti rivoluzioni industriali.

La prima rivoluzione industriale [VI] avvenne nella seconda metà del 1700 in Inghilterra e interessò principalmente il settore tessile e metallurgico. Ciò trasformò un sistema economico che era storicamente composto da agricoltura, artigianato e commercio a uno basato sull'industria, caratterizzato dall'uso di macchine prima azionate tramite forza meccanica (telaio) e poi grazie all'invenzione del motore a vapore (macchina a vapore). Non esistono delle cause specifiche per questo avvenimento, ma si deve guardare alla somma di diversi fattori. Alcuni tra i motivi sono una classe agricola non molto forte come in altri paesi, una società borghese ormai consolidata arricchitasi tramite il commercio, la ricchezza e forza del paese dovute al fatto di essere una potenza commerciale e militare, l'aumento della popolazione e quindi della richiesta. Le conseguenze furono la creazione del capitalismo e della classe operaia.

La seconda rivoluzione industriale [VII] ebbe luogo nell'Europa occidentale durante la seconda metà dell'800. Le sue cause sono dovute principalmente al progresso scientifico avvenuto in quel periodo storico che portò a varie invenzioni applicabili all'industria che generò condizioni di vita migliori nella vita comune. In particolare, le scoperte che più

influenzarono questa rivoluzione furono il petrolio e l'elettricità, dalle quali si diramarono una serie di altre invenzioni. Tantissime discipline ebbero il loro splendore: la medicina intraprese moltissime scoperte e cure ad antiche malattie quali tubercolosi, peste, lebbra, malaria; furono migliorate le situazioni igienico-sanitarie; la scoperta dell'acciaio comportò un grande sviluppo ferroviario e navale; le telecomunicazioni ebbero la nascita del telegrafo e poi del telefono. L'approccio dei lavoratori all'industria e al lavoro fu radicalmente cambiato ed ottimizzato da Taylor e Ford, principi che valgono tutt'oggi. Si ha la creazione di vere e proprie grandi industrie.

La terza rivoluzione industriale [VIII] si realizzò nella seconda metà del 1900 (secondo dopoguerra) nei paesi del primo mondo. Il suo sviluppo fu causato da: crescita delle conoscenze scientifiche e tecnologiche nate durante le guerre mondiali per scopi bellici e poi nel dopoguerra crescita economica grazie alla ricostruzione post-bellica, scoperta e sfruttamento dell'energia atomica. Per Stati Uniti e Unione Sovietica parte la corsa allo spazio aprendo nuove conoscenze su un campo ancora poco conosciuto. Le invenzioni che più hanno determinato la rivoluzione sono state quelle in campo informatico, elettronico e telematico: transistor, microprocessori, radio, Internet e poi Web hanno portato un considerevole impatto con un'evoluzione esponenziale nel tempo. Si ha la creazione di multinazionali e il fenomeno della globalizzazione.

La quarta rivoluzione industriale [IX] o Industria 4.0 si sta sviluppando dal 2011 ed è ancora in corso, nata in Germania ma subito diffusa nei paesi del primo mondo. È strettamente legata alla rivoluzione precedente, ma al contrario degli altri casi non è sostanzialmente basata su nuove invenzioni e scoperte del periodo; il fulcro è un'evoluzione e un perfezionamento di prodotti già esistenti. Per esempio, il lato big data costituisce un elemento importante dell'architettura 4.0, ma questa è solo una particolare applicazione di una base di dati; stesso discorso per Internet applicato a diversi dispositivi anziché unicamente a terminali appositi. Quindi più che invenzioni si ha un corretto sfruttamento, collegamento e miglioramento di mezzi già applicati nella terza rivoluzione industriale e la generazione di nuove idee e metodi di lavoro applicate ai lavoratori e al modo di gestire lo stabilimento. Le cause non sono quindi da ricercare in qualcosa di fisico, ma in modo generico, nel fenomeno di digitalizzazione. Conseguenze di quest'ultima, applicate ora all'industria, sono la continua connessione di tutti i dispositivi,

l'acquisizione e salvataggio costante di dati e informazioni. La creazione di programmi per l'utilizzo e il monitoraggio delle macchine porta ad una più facile gestione dell'impianto, in questo modo può essere aumentata la sua complessità, cosa che prima non era possibile a causa della limitatezza umana. I lavoratori non devono più svolgere grandi impieghi manuali, ma sono richieste conoscenze più tecniche riguardo la macchine e il funzionamento dei vari dispositivi forniti dall'azienda.

Ogni precedente rivoluzione industriale, oltre alle necessarie condizioni socio-economiche, è stata innescata da una o più specifiche tecnologie: la Prima rivoluzione industriale ha preso vita grazie all'invenzione e poi alla diffusione della macchina a vapore di James Watt e del telaio meccanico nell'industria tessile; la Seconda grazie al motore a combustione interna di Barsanti e Matteucci, all'elettricità di Edison e all'organizzazione del lavoro di Taylor e Ford e la Terza, infine, grazie all'invenzione del microprocessore della Intel e poi all'esplosione dell'informatica personale dovuta agli americani Steve Jobs e Bill Gates [5].

È dunque logico aspettarsi di poter individuare anche per questa Quarta rivoluzione industriale una o più tecnologie simbolo del processo di cambiamento, fuori e dentro le fabbriche. Invece questa rivoluzione industriale è anomala; infatti non è apparso nulla di nuovo nello scenario tecnologico degli ultimi anni; si sta assistendo alla maturazione di alcune vecchie tecnologie, ma niente di davvero innovativo caratterizza questa nuova rivoluzione, come fu invece nel caso del vapore e dell'elettricità o dell'informatica personale per le precedenti rivoluzioni.

A ben guardare, molte delle tecnologie che oggi vengono considerate 4.0, infatti, sono state inventate e utilizzate nel pieno della Terza rivoluzione industriale, se non addirittura alla fine della Seconda.

2.2 Tecnologie abilitanti

Tipicamente, quando si parla di Industry 4.0 ci si riferisce a una manciata di tecnologie o piattaforme tecnologiche qui di seguito elencate:

- Internet of Things (IoT), noto in Italia anche come Internet delle cose;
- Additive manufacturing, tecnologia volgarmente nota come stampa 3D;
- Digital fabrication, insieme di macchine utensili a controllo numerico;

- Robotica programmabile, robotica industriale flessibile e agile;
- Cloud computing, archiviazione ed elaborazione dati in rete;
- Big data, raccolta e gestione di una grande mole di dati eterogenei;
- Intelligenza artificiale, tecnologia basata sulle reti neurali e il machine learning;
- Cyber security, la sicurezza informatica.

2.2.1 Internet of Things (IoT)

L'internet delle cose è un paradigma secondo il quale ogni dispositivo come sensori, attuatori, smartphone, eccetera sono connessi tra loro e interagiscono per un obiettivo comune. Il punto cardine è che, grazie alla collaborazione tra gli elementi nella rete, si ottiene un risultato migliore della somma dei risultati ottenuti singolarmente. Pian piano lo stesso concetto si sta diffondendo anche nell'ambiente domestico con oggetti come frigoriferi, televisioni, condizionatori, lampade, telecamere per la sicurezza, i quali ora possono essere regolati tramite un qualsiasi smartphone [6].

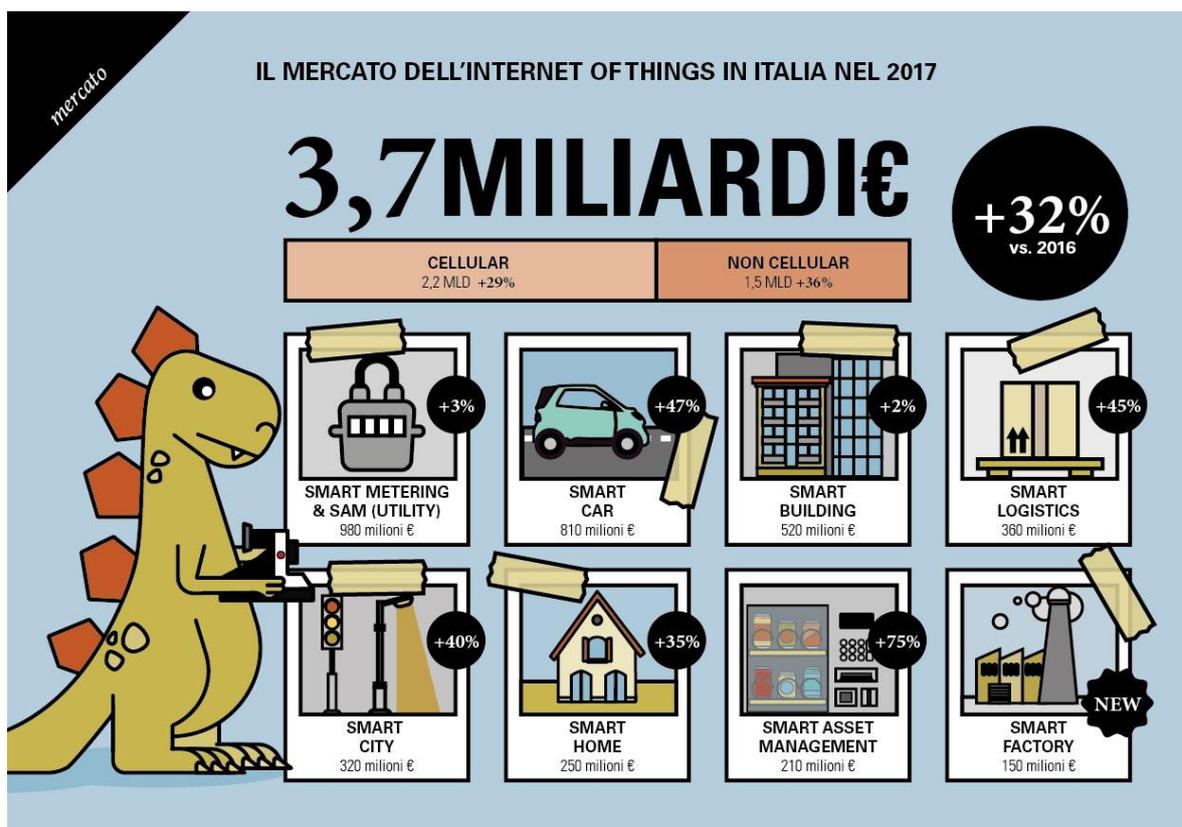


Figura 6: Mercato dell'IoT in Italia nel 2017 [X]

Lo stesso concetto si applica attraverso l'industria 4.0, tutte le macchine sono connesse all'intero sistema, scambiano informazioni tra loro ottimizzando la collaborazione,

possono essere monitorate e gestite facilmente dai lavoratori tramite cellulari o tablet e, grazie a tutti i benefici precedenti, ricavano una produzione migliore sotto vari aspetti. La vera rivoluzione non è dovuta alla potenza di calcolo e alla connessione Internet in sé ma al fatto che ciò sia possibile in qualsiasi oggetto anche di ridotte dimensioni. Ciò apre i benefici di big data, analisi, diagnostica, collaborazione, monitoraggio, comunicazione che prima non erano possibili a questo livello. La connessione Internet di questi dispositivi comporta però un rilevante problema: la sicurezza.

In realtà, il concetto fondamentale della IOT non è legato all'intelligenza delle cose quanto, piuttosto, all'intelligenza dei servizi, associati al potenziale di Internet e a un modello di sviluppo grazie al quale è possibile integrare praticamente a qualsiasi cosa una piccola componente tecnologica dotata di una capacità elaborativa tale da trasformare qualsiasi oggetto in un dispositivo comunicante senza usare cavi. È così che l'oggetto diventa smart, sfruttando l'innovazione digitale associata all'evoluzione mobile, al cloud, ma anche a nuove logiche collaborative che inaugurano un CRM di nuova generazione a livello di tutta la filiera [XI].

Fondamentalmente e semplificando al massimo, IoT è una piattaforma su cui sensori e attuatori, collegati a microschede elettroniche, connesse in rete, possono raccogliere dati e attuare azioni in funzione dei parametri ambientali e delle abitudini o a seconda delle richieste degli user che utilizzano quegli ambienti e gli oggetti dentro i quali i sensori, gli attuatori e le microschede elettroniche sono integrati.

Sono cinque le tecnologie IoT usate per lo sviluppo di prodotti e servizi basati sull'IoT:

- Radio Frequency IDentification (RFID);
- Wireless Sensor Networks (WSN);
- Middleware;
- Cloud computing;
- Applicazioni software IoT.

2.2.1.1 RFID

RFID è l'acronimo di "identificazione a radiofrequenza"; si tratta di un sistema che permette l'identificazione automatica e la cattura di dati utilizzando onde radio, un'etichetta e un lettore. L'etichetta può memorizzare più dati di un tradizionale codice a

barre; le etichette contengono dati in forma di Electronic Product Code (EPC), un ID numerico globalmente univoco che identifica un oggetto singolo [7].

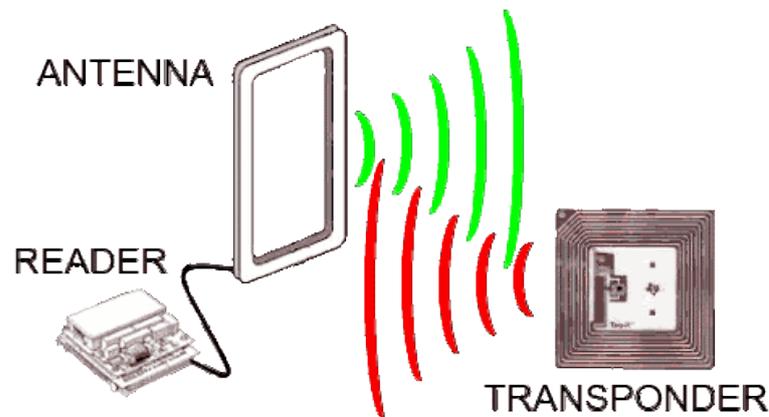


Figura 7: Componenti RFID [XII]

Sono usati tre tipologie di RFID:

- Passivo – Le etichette RFID passive fanno affidamento sull'energia delle radiofrequenze trasferite dal lettore all'etichetta per alimentare l'etichetta stessa; non sono alimentate da una batteria. Applicazioni di questo possono essere trovate nelle supply chain, nei passaporti, nei pedaggi elettronici (telepass) e nel tracciamento a livello di articolo.
- Attivo – Le etichette RFID attive hanno una propria alimentazione a batterie e possono avviare la comunicazione con un lettore; possono contenere sensori esterni per monitorare temperatura, pressione, sostanze chimiche e altre condizioni. Le etichette RFID attive vengono usate nella produzione, nei laboratori degli ospedali e nella gestione delle risorse IT di telerilevamento.
- Semi-passivo – Le etichette RFID semi-passive usano le batterie per alimentare il microchip durante la comunicazione, traendo energia dal lettore. Le etichette RFID attive e semi-passive costano più di quelle passive.

2.2.1.2 WSN

Con il termine Wireless Sensor Network (o WSN) [XIII] si indica una determinata tipologia di rete informatica che è caratterizzata da una architettura distribuita ed è realizzata da un insieme di dispositivi elettronici autonomi in grado di prelevare dati dall'ambiente circostante e di comunicare tra loro; possono anche cooperare con i sistemi RFID per

monitorare meglio lo stato di cose come la loro posizione, la temperatura e i movimenti. Il WSN consente diverse topologie di rete e comunicazioni multi-hop. I recenti progressi tecnologici nei circuiti integrati a bassa potenza e nelle comunicazioni wireless hanno reso disponibili dispositivi miniaturizzati efficienti, a basso costo e a bassa potenza per l'uso in applicazioni WSN. Il WSN è stato utilizzato in primis nella catena logistica del freddo che impiega metodi di imballaggio termico e refrigerato per trasportare prodotti sensibili alla temperatura. I WSN sono utilizzati anche per i sistemi di manutenzione e localizzazione. Ad esempio, General Electric implementa sensori nei suoi motori a reazione, turbine e parchi eolici. Analizzando i dati in tempo reale, GE risparmia tempo e denaro associati alla manutenzione preventiva. Allo stesso modo, American Airlines utilizza sensori in grado di acquisire 30 terabyte di dati per volo per servizi come la manutenzione preventiva.

2.2.1.3 Middleware

Il middleware è un livello software interposto tra le applicazioni software per facilitare l'esecuzione di comunicazioni e input/output agli sviluppatori. La sua caratteristica di nascondere i dettagli di diverse tecnologie è fondamentale per liberare gli sviluppatori IoT da servizi software che non sono direttamente rilevanti per l'applicazione IoT specifica. Il middleware ha guadagnato popolarità negli anni '80 grazie al suo ruolo fondamentale nel semplificare l'integrazione delle vecchie tecnologie in quelle nuove. Ha inoltre facilitato lo sviluppo di nuovi servizi distribuiti nell'ambiente informatico. Una complessa infrastruttura distribuita dell'IoT con numerosi dispositivi eterogenei richiede la semplificazione dello sviluppo di nuove applicazioni e servizi, quindi l'uso del middleware si adatta perfettamente allo sviluppo di applicazioni IoT. Ad esempio, il Global Sensor Networks (GSN) è una piattaforma middleware per sensori open source che consente lo sviluppo e l'implementazione di servizi di sensori con uno sforzo di programmazione pressoché nullo. La maggior parte delle architetture di middleware per l'IoT segue un approccio orientato ai servizi al fine di supportare una topologia di rete sconosciuta e dinamica [7].

2.2.1.4 Cloud Computing

Il cloud computing è un modello per l'accesso su richiesta a un pool condiviso di risorse configurabili (ad es. Computer, reti, server, memorie di archiviazione, applicazioni, servizi, software) che possono essere fornite come Infrastructure as a Service (IaaS) o Software as

a Service (SaaS). Uno dei risultati più importanti dell'IoT è un'enorme quantità di dati generati da dispositivi connessi a Internet. Molte applicazioni IoT richiedono un'enorme memorizzazione dei dati, un'enorme velocità di elaborazione per consentire il processo decisionale in tempo reale e reti a banda larga ad alta velocità per lo streaming di dati, audio o video. Il cloud computing offre una soluzione back-end ideale per gestire enormi flussi di dati ed elaborarli per il numero senza precedenti di dispositivi IoT e umani in tempo reale [7].

2.2.1.5 Applicazioni software IoT

L'IoT facilita lo sviluppo di una miriade di applicazioni IoT orientate a vari settori e alle specifiche dell'utente. Mentre i dispositivi e le reti forniscono connettività fisica, le applicazioni IoT consentono interazioni da dispositivo a dispositivo e da uomo a dispositivo in modo affidabile e robusto. Le applicazioni IoT sui dispositivi devono garantire che i dati/i messaggi siano stati ricevuti e gestiti correttamente in modo tempestivo. Ad esempio, le applicazioni di trasporto e logistica monitorano lo stato delle merci trasportate come frutta, prodotti freschi, carne e latticini. Durante il trasporto, lo stato di conservazione (ad es. temperatura, umidità, shock) viene costantemente monitorato e vengono intraprese automaticamente le azioni appropriate per evitare il deterioramento quando la connessione è fuori portata. Ad esempio, FedEx utilizza SenseAware per tenere sotto controllo la temperatura, la posizione e altri segni vitali di un pacchetto, anche quando viene aperto e se è stato manomesso lungo il percorso. Mentre le applicazioni da dispositivo a dispositivo non richiedono necessariamente la visualizzazione dei dati, sempre più applicazioni IoT centrate sull'uomo forniscono la visualizzazione per presentare informazioni agli utenti finali in modo intuitivo e di facile comprensione e per consentire l'interazione con l'ambiente. È importante che le applicazioni IoT siano costruite con intelligenza in modo che i dispositivi possano monitorare l'ambiente, identificare i problemi, comunicare tra loro e potenzialmente risolvere i problemi senza la necessità di intervento umano [7].

2.2.1.6 Tecnologia strategica per la logistica

Oggi tra gli obiettivi prioritari delle aziende di logistica ci sono: consegne just-in-time, visibilità della supply chain, trasparenza del ciclo di vita del prodotto, servizi di qualità. Una qualsiasi azienda di logistica quindi per avere successo deve sapersi differenziare con:

gestione efficiente del proprio inventario e magazzino, automazione dei processi aziendali interni, consegna rapida ed efficiente dei prodotti, cura per la conservazione e la qualità delle merci.

I principi base della logistica restano sempre validi: trasferire il prodotto giusto, nella giusta quantità e condizione, al momento giusto e al giusto prezzo, nel posto giusto e al giusto cliente. Ma poiché svolgere ogni singolo compito tra questi è divenuto molto più complicato in un mondo sempre più globalizzato ed interconnesso, aumenta di conseguenza anche l'esigenza di utilizzare soluzioni innovative per raggiungere tali obiettivi.

Grazie alla presenza di connessioni smart come il nuovo 5G, l'Internet of Things sta rivoluzionando il settore della logistica. E dal momento che le soluzioni basate sull'IoT offrono vantaggi e opportunità senza eguali, si stanno diffondendo rapidamente anche in questo ambito.

Monitoraggio della supply chain, tracciamento dei veicoli, gestione delle scorte, trasporto sicuro e automazione dei processi sono i punti cardine delle applicazioni IoT nonché gli elementi principali dei sistemi logistici interconnessi.

Sei applicazioni dell'IoT per la logistica sono [XIV]:

- Sistemi di gestione della posizione - Nel settore della logistica, l'IoT crea un sistema di gestione smart della posizione, che consente alle aziende di monitorare facilmente le attività dei conducenti, la localizzazione dei veicoli e lo stato delle consegne. Una volta che le merci vengono consegnate o giungono in un determinato luogo, la notifica arriva direttamente al manager responsabile, tramite messaggio push. Tale soluzione è ormai insostituibile nella pianificazione delle consegne e nell'organizzazione di orari e prenotazioni. È possibile rilevare in tempo reale ogni eventuale variazione ed è proprio questo il motivo alla base del successo dell'IoT: la garanzia di poter migliorare la gestione dei movimenti della merce e di snellire quindi anche i processi aziendali.
- Monitoraggio inventario e magazzino - La gestione dell'inventario e del magazzino è una delle parti più importanti dell'ecosistema logistico connesso. Il posizionamento di piccoli sensori consente alle aziende di tracciare facilmente gli articoli in magazzino, monitorarne lo stato e la posizione e creare un sistema di

controllo smart. Infatti, con l'aiuto della tecnologia IoT, i dipendenti saranno in grado di prevenire con successo qualsiasi perdita, garantire lo stoccaggio sicuro delle merci e localizzare in modo efficiente il prodotto di cui si ha bisogno. Anche la minimizzazione dell'errore umano diventa possibile grazie all'IoT.

- Tecnologia IoT e analisi predittiva - L'analisi predittiva sta diventando cruciale in diversi settori industriali, perché aiuta le aziende a creare efficaci strategie di sviluppo del business, a migliorare il processo decisionale, a fare previsioni aziendali intelligenti, a gestire i rischi. I dispositivi connessi a Internet raccolgono grandi quantità di dati e li trasmettono al sistema centrale per ulteriori analisi. Le soluzioni IoT e di analisi predittiva trovano applicazione per pianificare percorsi e consegne e identificare vari difetti prima che qualcosa vada storto. Il risultato? Sostituzione tempestiva delle parti non efficienti di un macchinario, prevenzione di eventuali incidenti e manutenzione di veicoli e attrezzature.
- IoT e blockchain per la gestione della supply chain - La gestione della supply chain impone varie sfide da affrontare, dalle norme da osservare in ambito alimentare alla verifica delle condizioni del prodotto. Ecco perché sia le aziende che i loro clienti vogliono assicurarsi di poter tracciare e garantire il ciclo di vita del prodotto, dall'origine delle merci al loro trasporto fino a giungere nelle mani del cliente. La tecnologia blockchain aiuta e integra le soluzioni IoT, andando quindi ad aggiungere un grande valore alle supply chain, per soddisfare l'esigenza di integrità della filiera, la sua trasparenza e la tracciabilità. Posizionando etichette smart e sensori di identificazione a radiofrequenza è possibile monitorare parametri quali temperatura e umidità del prodotto, posizione del veicolo e fasi del processo di trasporto. I dati si registrano e si salvano nella blockchain, ad ogni prodotto viene fornito un ID digitale che ne protegge tutte le relative informazioni.
- Veicoli a guida autonoma - In un futuro già prossimo, assisteremo all'uso diffuso di veicoli a guida autonoma, al momento in fase di test. Le società di logistica saranno le prime a trarre vantaggio dalla loro integrazione nei processi aziendali. Mentre i dispositivi IoT raccolgono grandi quantità di dati, il sistema di analisi li trasforma in percorsi e indicazioni stradali intelligenti. In questo modo, le aziende

possono anche ridurre al minimo gli incidenti su strada, abbassare i costi operativi e ottimizzare il traffico.

- Consegna con drone - I droni, che sviluppano il massimo del loro potenziale nella vendita al dettaglio, nella logistica, nell'agricoltura e nell'e-commerce, sono in grado di aggiungere velocità ed efficienza al lavoro in azienda. Nel settore della logistica, i droni possono garantire l'automazione dei processi aziendali fornendo il tracciamento intelligente dell'inventario, il trasporto veloce delle merci e consegne immediate in negozio. Essendo in fase di work in progress tecnologico e dovendo affrontare le molteplici sfide del cambiamento, l'industria logistica odierna è sempre più travolta da una rapida trasformazione, indispensabile alla sua crescita. Come abbiamo avuto modo di vedere, l'IoT rivoluzionerà il settore della logistica, grazie a soluzioni di localizzazione dell'inventario e di gestione della posizione, sistemi di trasporto senza conducente e comunicazioni smart.

2.2.1.7 Evoluzione delle tecnologie IoT

La Tabella 1 [7] mostra l'evoluzione prevista nell'area delle tecnologie IoT fondamentali: rete, software e algoritmi, hardware ed elaborazione dei dati. La rete è la spina dorsale dell'IoT. Si riferisce a oggetti (cose) identificabili in modo univoco e alle loro rappresentazioni virtuali in una struttura simile a Internet. La tecnologia di rete si sta spostando verso una tecnologia di comunicazione senza fili discreta che consente di distribuire le applicazioni da dispositivo a dispositivo in modo più flessibile. La tecnologia di rete si sta evolvendo verso una rete autonoma sensibile al contesto.

	Prima del 2010	2010-2015	2015-2020	Dopo il 2020
Rete	<ul style="list-style-type: none"> • Reti di sensori 	<ul style="list-style-type: none"> • Reti autocoscienti e autorganizzanti • Trasparenza della posizione della rete del sensore • Reti tolleranti al ritardo • Reti di archiviazione e reti elettriche • Tecnologie di rete ibrida 	<ul style="list-style-type: none"> • Consapevolezza del contesto di rete 	<ul style="list-style-type: none"> • Cognizione di rete • Autoapprendimento e autoriparazione delle reti

	Prima del 2010	2010-2015	2015-2020	Dopo il 2020
Software e algoritmi	<ul style="list-style-type: none"> • Integrazione database relazionale • RDBMS orientato all'IoT • Piattaforme basate su eventi • Middleware del sensore • Reti di sensori middleware • Algoritmi di prossimità/ Localizzazione 	<ul style="list-style-type: none"> • Moduli software semantici aperti su larga scala • Algoritmi componibili • Software sociale basato su IoT di nuova generazione • Applicazioni aziendali basate su IoT di nuova generazione 	<ul style="list-style-type: none"> • Software orientato agli obiettivi • Intelligenza distribuita, risoluzione dei problemi • Ambienti di collaborazione da cose a cose 	<ul style="list-style-type: none"> • Software orientato all'utente • L'IoT invisibile • Software IoT di facile implementazione • Collaborazione tra cose e umani • IoT per tutti
Hardware	<ul style="list-style-type: none"> • Tag RFID e alcuni sensori • Sensori integrati nei dispositivi mobili • NFC nei telefoni cellulari • Tecnologia MEMs più piccola ed economica 	<ul style="list-style-type: none"> • Lettori multiprotocollo e multistandard • Più sensori e attuatori • Tag sicuri e a basso costo (ad es. Tag silenziosi) 	<ul style="list-style-type: none"> • Sensori intelligenti (biochimici) • Più sensori e attuatori (piccoli sensori) 	<ul style="list-style-type: none"> • Nanotecnologia e nuovi materiali
Elaborazione dei dati	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborazione seriale dei dati • Elaborazione parallela dei dati • Qualità dei servizi 	<ul style="list-style-type: none"> • Energia, elaborazione dei dati sensibile allo spettro delle frequenze • Contesto di elaborazione dati adattabile 	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborazione dei dati sensibile al contesto e risposte ai dati 	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborazione e ottimizzazione cognitive

Tabella 1: Evoluzione delle tecnologie IoT chiave

Gli oggetti si affidano al software per comunicare efficacemente tra loro e offrire funzionalità e connettività avanzate. Il software dovrebbe essere sviluppato tenendo conto dei requisiti di interoperabilità, connettività, privacy e sicurezza dell'IoT. Il focus dello sviluppo del software si sta spostando sull'intelligenza distribuita orientata all'utente e sulla collaborazione macchina-macchina e macchina-uomo. L'hardware è progettato in

modo innovativo e prodotto in modo robusto, guidato dai dispositivi IoT consumer che hanno una miriade di caratteristiche, funzionalità e ambienti operativi.

Mentre i tag e i sensori RFID sono stati al centro dell'innovazione hardware, la miniaturizzazione dell'hardware e delle nanotecnologie sta guidando l'evoluzione hardware a basso consumo energetico. I dispositivi IoT generano enormi quantità di dati che devono essere aggregati e analizzati in tempo reale per fornire informazioni su stato, posizione, funzionalità e ambiente dei dispositivi. Il tradizionale metodo di elaborazione dei dati non funziona bene nel processo di streaming dei dati in tempo reale dell'ambiente IoT. Poiché l'elaborazione di grandi quantità di dati IoT in tempo reale aumenterà i carichi di lavoro dei data center a una velocità esponenziale, l'elaborazione dei dati diventerà più consapevole del contesto, ottimizzata e cognitiva.

Nell'ambiente IoT, un gran numero di dispositivi sono collegati tra loro e non è possibile elaborare tutti i dati di streaming disponibili per tali dispositivi. L'elaborazione dei dati sensibile al contesto consente ai sensori e ai dispositivi di utilizzare informazioni specifiche del contesto come posizione, temperatura e disponibilità di un determinato dispositivo per decidere quali dati raccogliere e interpretare per fornire informazioni pertinenti ad altri dispositivi o utenti. Ad esempio, l'elaborazione dei dati in base al contesto può fornire informazioni pertinenti a un utente conoscendo la posizione corrente dell'utente (ad esempio, all'interno di un grande magazzino, un parco o un museo). L'elaborazione dei dati cognitivi integra il processo di cognizione umana nelle applicazioni IoT. Invece di essere programmato per far fronte a ogni possibile esigenza di elaborazione dei dati, un'applicazione di elaborazione dei dati cognitivi viene addestrata utilizzando algoritmi di intelligenza artificiale per rilevare, prevedere, dedurre e apprendere compiti e ambienti. Ad esempio, l'elaborazione dei dati cognitivi utilizza tecniche di riconoscimento delle immagini per comprendere l'ambiente circostante, elabora i dati per un utente e utilizza il feedback dell'utente per ulteriori approfondimenti. L'ottimizzazione del trattamento dei dati è fondamentale per l'elaborazione tempestiva del flusso continuo di enormi quantità di dati. I progressi tecnologici nell'elaborazione ottimizzata dei dati aiutano a prendere decisioni tempestive in applicazioni di big data critiche in termini di tempo come reti intelligenti, monitoraggio ambientale e produzione intelligente.

2.2.2 Additive manufacturing

Per stampa 3D si intende un metodo per creare oggetti fisici partendo da istruzioni digitali e attraverso la somma successiva di strati di materia. Questa tecnologia è chiamata anche produzione additiva o additive manufacturing (AM), perché, a differenza di altre tecnologie di produzione più tradizionali, come per esempio la fresatura, la tornitura ma anche il taglio laser, la materia viene aggiunta, strato su strato, e non eliminata attraverso punte, frese o altri utensili.

Semplificando al massimo, nella stampa 3D un modello tridimensionale, disegnato attraverso un software CAD (Computer-Aided Drafting), viene suddiviso in piccole fette orizzontali di altezza variabile, indicativamente dai 10 ai 100 micron, attraverso un software CAM (Computer-Aided Manufacturing), che provvede poi a dare istruzioni alla materia su come aggregarsi. Ma entriamo nel dettaglio delle tecniche di solidificazione del materiale; oggi ci sono fondamentalmente tre principali tecniche di stampa: SLA, SLS, FFF [5].

- La prima in ordine temporale, come detto, è la stereolitografia (Stereo-Lithography Apparatus, SLA), inventata da Hull, che utilizza le resine fotosensibili come materia prima e un laser o una luce di un proiettore per indurirle.
- La seconda, invece, è la sinterizzazione a laser selettivo (Selective Laser Sintering, SLS). In questo caso il materiale sinterizzato è una polvere finissima, di nylon, polimeri plastici o metallo, che viene indurita attraverso un fascio laser, strato dopo strato.
- La terza e più diffusa, invece, è la tecnologia conosciuta con il nome di Fused Filament Fabrication (FFF). In questo caso si utilizzano delle bobine di filamento plastico (polimero), solitamente ABS, PET o PLA, e la materia viene riscaldata e deposta grazie a un estrusore simile a una pistola per il silicone di dimensione molto piccola.

Esistono poi una moltitudine di altre tecnologie per la stampa 3D meno diffuse, come per esempio il Binder Jetting dell'americana Zcorp, che incolla tra loro strati di polvere di gesso colorata, o la tecnologia Jet Fusion di HP, che utilizza un reagente chimico per fondere tra loro strati di polvere.

Tutte queste tecnologie di fabbricazione digitale cambieranno il modo di progettare, produrre, distribuire e consumare i beni fisici nei prossimi decenni.

2.2.3 Digital fabrication

Nelle fabbriche prenderanno sempre più spazio macchine di fabbricazione digitale. L'espressione "fabbricazione digitale", o digital fabrication, fa riferimento a un processo produttivo attraverso cui è possibile creare oggetti/prodotti partendo da file digitali.

Le principali tecnologie utilizzate per la fabbricazione digitale sono quelle additive, ovvero quelle in cui il materiale viene aggiunto layer by layer, che abbiamo già analizzato in precedenza, e quelle sottrattive, in cui si procede alla produzione del pezzo desiderato attraverso la sottrazione di materiale da una materia prima grezza. Sono un esempio di tecniche sottrattive i sistemi di taglio e incisione laser e i sistemi di fresatura o tornitura. Tutte queste macchine utensili, a volte dei veri e propri centri di lavoro, sono diventate automatizzate durante la seconda parte del Novecento e si sono evolute in macchine a Controllo Numerico Computerizzato (CNC). Verso la metà degli anni Ottanta del secolo scorso l'accelerazione tecnologica dovuta alla diffusione dell'informatica e della microelettronica ha permesso la diffusione delle macchine CNC dalla grande alla piccola industria [5].

Oggi queste macchine si arricchiscono di nuove funzionalità e, come i robot, per essere coerenti con la rivoluzione in atto, dovranno essere connesse e ricche di sensori IoT.

2.2.4 Robotica programmabile

La robotica industriale è nata in concomitanza dello scoppio della Terza rivoluzione industriale; le sue prime sperimentazioni sono addirittura state compiute nei primi anni Settanta, ma solo negli ultimi anni sta entrando prepotentemente nel tessuto industriale, a tutti i livelli, sia nelle grandi multinazionali sia nelle piccole aziende di manifattura.

Da un lato questo fenomeno è dovuto a un abbassamento radicale dei prezzi e a una maggiore segmentazione del mercato, dall'altro a una sempre maggior facilità d'uso dei software per pilotare queste sofisticate macchine, circostanza che permette a sempre più tecnici e operai all'interno delle fabbriche di utilizzarli. Vi sono diverse tipologie di robot industriali, le due principali categorie sono i "robot seriali" e i "robot paralleli". Negli ultimi anni abbiamo visto entrare nelle fabbriche e nei magazzini aziendali anche i robot AGV,

l'acronimo di Automatic Guided Vehicle (veicolo a guida automatica) e che, per esempio, con i robot Kiva, sono i grandi protagonisti nei magazzini di Amazon; chiunque oggi pensi alla fabbrica nell'epoca dell'Industry 4.0 immagina un luogo pieno di robot e iperautomatizzato. Questi robot hanno sensori e connessioni che li rendono parte dell'ecosistema della fabbrica e di quello più allargato dell'azienda che li ha comprati. I robot sono diventati collaborativi e gli uomini possono lavorare fianco a fianco con loro, inoltre sono connessi tra loro e con le altre macchine utensili della fabbrica e si rendono conto dell'ambiente in cui lavorano, capendo quando accelerare, rallentare o fermarsi.

Ma il lato più interessante dei robot 4.0 è che sono facilmente programmabili. Sempre di più i robot del futuro potranno essere programmati da chiunque operi nel sito produttivo, perché i linguaggi che capiranno saranno sempre più alti, ovvero vicini a quelli che usiamo per impartire ordini ai nostri simili. Fino a oggi i robot nelle fabbriche venivano programmati solo da pochi tecnici e questo ne limitava l'impiego e la diffusione; nelle fabbriche del futuro, invece, i robot saranno più simili a colleghi a cui chiunque potrà impartire ordini.

2.2.5 Cloud computing

Il cloud computing è l'uso di vari servizi, come piattaforme di sviluppo software, server, storage e software, su Internet, spesso indicati come "cloud" (nube). La caratteristica principale di un servizio cloud è l'accessibilità globale, ovvero la possibilità di accedere a delle informazioni da qualsiasi terminale e da qualsiasi parte del mondo. La posizione del servizio e molti dettagli come l'hardware o il sistema operativo su cui è in esecuzione sono in gran parte irrilevanti per l'utente [XV].

Uno dei vantaggi dell'utilizzo dei servizi di cloud computing è che le aziende possono evitare i costi iniziali e la complessità di possedere e mantenere la propria infrastruttura IT, e invece semplicemente pagare per quello che usano, quando lo usano (la manutenzione e gli aggiornamenti sono tutti eseguiti dal fornitore di servizi cloud, riducendo le attività per l'IT interno). A loro volta, i fornitori di servizi di cloud computing possono beneficiare di significative economie di scala offrendo gli stessi servizi a una vasta gamma di clienti.

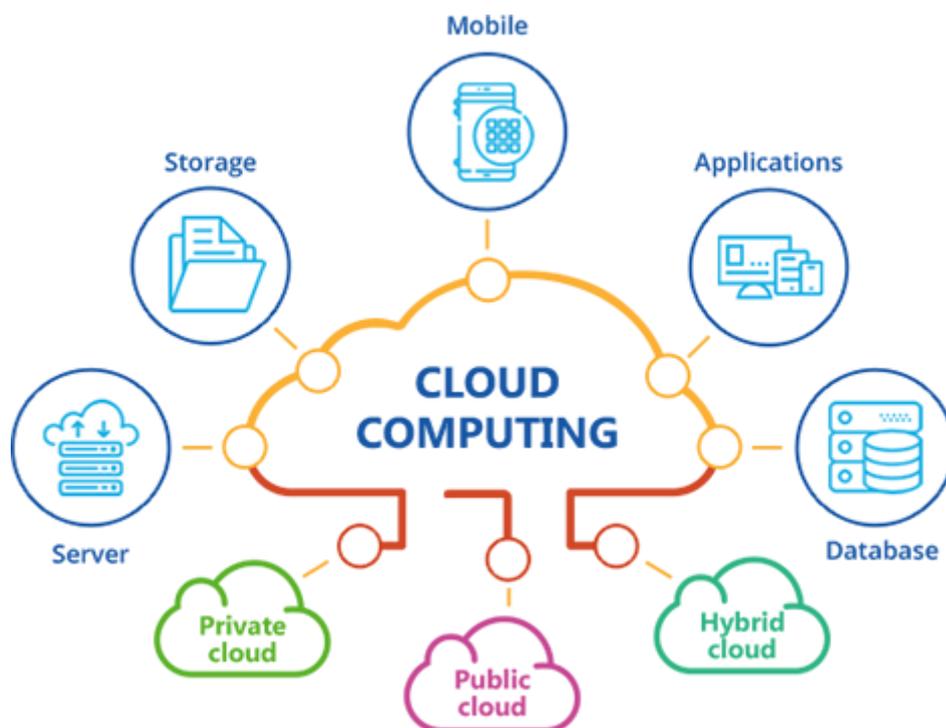


Figura 8: Schema cloud computing [XVI]

La prima metà del cloud computing è il cloud. Il cloud non è locale (nel computer), e vi sono diverse alternative in merito alla sua ubicazione. Ad esempio, esiste il termine cloud pubblico in cui la società non è responsabile della manutenzione del server.

La sua controparte è il cloud privato, in cui l'azienda assume la manutenzione e si trova fisicamente nel luogo, noto come cloud locale o più remoto in un data center. Il cloud privato viene spesso utilizzato per applicazioni sensibili ai dati per mantenere il controllo dei dati per un livello più elevato di sicurezza.

Una soluzione diffusa oggi combina gli aspetti di un cloud privato con un cloud pubblico, ottenendo i vantaggi della distribuzione dei carichi di lavoro per prestazioni ottimali, che è nota come soluzione cloud ibrido. Esiste anche la variante di un cloud di comunità in cui più organizzazioni creano e gestiscono la propria soluzione cloud in uno sforzo collaborativo.

2.2.6 Big Data

I big data non sono caratterizzati unicamente, come suggerirebbe il nome, da una mole di dati, ma anche da una struttura non prefissata ed eterogenea. Per questo motivo sono difficili da trattare con i classici database relazionali e hanno bisogno di tecniche più

flessibili, solitamente NoSQL. Oltretutto sono frequentemente associati ad analisi in tempo reale, quindi la velocità di elaborazione è rilevante e, a maggior ragione, è bene adottare nuove metodologie che garantiscano un'attesa minima; il compito non è di semplice soluzione vista la loro quantità e disomogeneità. I big data vengono spesso definiti tramite le tre “V” che, con il passare del tempo e a seconda del testo in analisi, sono diventate quattro o cinque. La prima che diede questa designazione fu l'azienda Gartner enunciando le dimensioni volume, velocità e varietà. La quarta, veracità, fu aggiunta da IBM. La quinta, valore, può cambiare a seconda del testo in esame (a volte questa è definita come la somma di tutti i punti chiave precedenti). Ecco le cinque “V” a cui si è arrivati oggi [8][XVII]:

- Volume - La quantità di dati prodotti ed immagazzinati cresce con un rateo sempre maggiore. Alcuni indicano i dati come “big” se oltrepassano in dimensione totale un terabyte o petabyte, ma non si ha una soglia convenzionale per passare da dati “normali” a “grandi”. Ciò comporta problemi sia a livello hardware (costo della memoria) sia a livello software (algoritmi lenti per input di certe dimensioni).
- Varietà - I dati sono di diverso tipo e provengono da sorgenti differenti. Questi possono essere strutturati, semi-strutturati o senza struttura, quindi bisogna riuscire ad integrare tutte e tre le classificazioni per trarne informazioni. Per esempio i sensori possono produrre: testo, dati web, audio, video, file di log, tweet, eccetera.
- Velocità - La frequenza con cui i dati devono essere creati, processati ed analizzati aumenta sempre di più. In alcuni casi è richiesta un'analisi in tempo reale, ed è quindi logico diminuire la latenza al minimo.
- Veracità - Si intende l'affidabilità dei dati. Questa è importante perché da essa deriva la qualità delle previsioni ricavate dalla fase di analisi; è quindi importante pulire i dati, usare sensori adatti ed eliminare il rumore.
- Valore - Una volta ottenuti tutti i dati secondo i principi appena enunciati, è necessario estrarre informazioni utili. Il concetto è rispondere alla domanda “Quali valori e risultati posso ricavare?”. La risposta va ricercata tramite un lavoro di analisi. Un esempio è l'autoapprendimento e l'autonomia delle macchine che imparano dal proprio passato e dalla comunicazione con altri dispositivi.

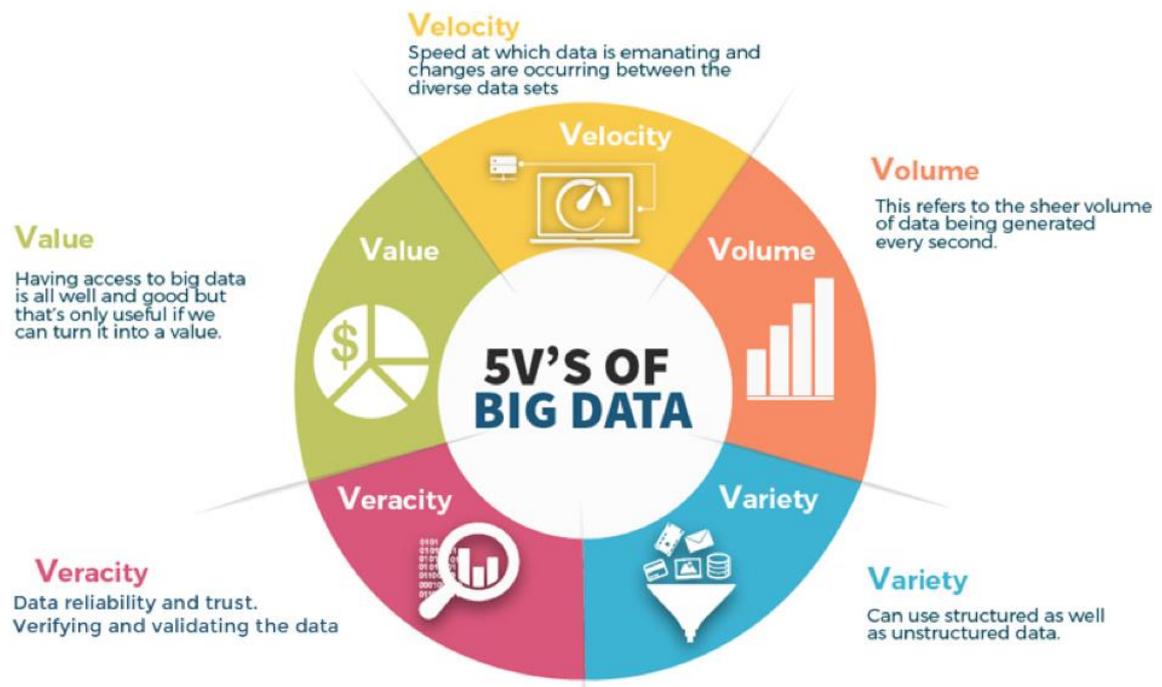


Figura 9: Le 5 V dei Big Data [XVIII]

Sfruttare i big data nell'industria 4.0 è quindi necessario se si vuole adottare una politica di digitalizzazione visto che l'eterogeneità e la grande quantità di dati contraddistinguono l'ambiente industriale. Ciò può essere un problema, ma anche una risorsa allo stesso tempo.

2.2.7 Intelligenza artificiale

Con il Machine Learning si entra nell'ambito dell'intelligenza artificiale. Il machine learning è una categoria di algoritmo che consente alle applicazioni software di essere più accurate nel predire dei risultati senza essere programmate esplicitamente, ma praticamente imparando dall'esperienza. La premessa di base dell'apprendimento automatico consiste nel creare algoritmi in grado di apprendere informazioni direttamente dai dati di input e prendere decisioni in base a questi. Man mano che i dati di input aumentano, l'algoritmo ha a disposizione più esempi ed è così in grado di migliorare le proprie prestazioni [XIX].

I processi coinvolti nell'apprendimento automatico sono simili a quelli del data mining e della modellazione predittiva. Entrambi richiedono la ricerca nei dati per individuare dei modelli e regolare le azioni del programma di conseguenza. Molte persone hanno familiarità con l'apprendimento automatico da acquisti su Internet: una volta acquistato

un bene o servizio, vengono in seguito pubblicati annunci relativi al loro acquisto. Ciò accade perché i motori di raccomandazione utilizzano il machine learning per personalizzare la pubblicazione degli annunci online quasi in tempo reale. Oltre al marketing personalizzato, altri casi comuni di utilizzo di machine learning includono il rilevamento delle frodi, il filtraggio dello spam, il rilevamento delle minacce alla sicurezza della rete, la manutenzione predittiva e l'invio di news feed (Facebook, ad esempio).

Il machine learning sta anche entrando in una serie di applicazioni aziendali. I sistemi di gestione delle relazioni con i clienti (customer relationship management, CRM) utilizzano modelli di apprendimento per analizzare le e-mail ed indica ai membri del team di vendita quali sono i messaggi più importanti ed ai quali rispondere prima. Sistemi più avanzati possono persino raccomandare risposte potenzialmente efficaci. I fornitori di BI (Business Intelligence) e di analisi utilizzano l'apprendimento automatico nei loro software per aiutare gli utenti a identificare automaticamente punti di dati potenzialmente importanti. I sistemi di risorse umane utilizzano modelli di apprendimento per identificare le caratteristiche dei dipendenti efficaci e fanno affidamento su queste conoscenze per trovare i migliori candidati per le posizioni aperte.

La continua ricerca sull'apprendimento profondo e l'intelligenza artificiale sono sempre più focalizzati sullo sviluppo di applicazioni più generali. I modelli di intelligenza artificiale di oggi richiedono una formazione approfondita al fine di produrre un algoritmo altamente ottimizzato per eseguire un compito, ma alcuni ricercatori stanno esplorando modi per rendere i modelli più flessibili e in grado di applicare il contesto appreso da un'attività a compiti futuri diversi.

2.2.8 Cyber security

Ogni azione di condivisione di dati sul cloud, sia su server interni sia su server esterni all'azienda, prevede un rischio di attacco informatico, e per questo motivo ogni azienda e ogni professionista che vuole entrare nel mondo dell'Industry 4.0 deve investire risorse economiche e temporali per strutturare una buona sicurezza sui propri sistemi informatici. Questo vale già per informazioni quali mail, contabilità, contratti, che da anni le aziende mettono in condivisione, immaginatevi cosa potrà succedere quando le aziende di manifattura inizieranno a condividere in cloud anche i progetti, i file di oggetti fisici e le istruzioni della propria produzione industriale. Sempre di più diventerà chiaro

quanto la sicurezza informatica sia un punto centrale della Quarta rivoluzione industriale [XX].

Il tema è delicatissimo ed esistono molti libri e manuali, oltre che agenzie specializzate attive in questi settori, che aiutano le aziende a mettersi al riparo da attacchi informatici.

2.3 Benefici e cambiamenti

L'Industry 4.0 è una rivoluzione che sta via via interessando un numero crescente di settori (medicina, industria, istruzione, etc.), che incrementano il loro livello di digitalizzazione mediante l'utilizzo di tecnologie sempre più moderne. La prospettiva è quella di creare un ambiente in cui i processi saranno completamente automatizzati poiché, supportati da un apposito sistema di comunicazione, saranno in grado di scambiare i dati con altri sistemi, monitorarsi e agire di conseguenza. Verrà così a diffondersi la presenza di macchine e strumentazioni intelligenti, che apporteranno più efficienza nei rispettivi ambiti applicativi.

In termini generali, i benefici ottenuti saranno correlati a una pianificazione migliore e ad un più flessibile processo di controllo, a una maggiore soddisfazione del cliente e un miglioramento dell'immagine aziendale, ma anche a una riduzione dei costi e un conseguente aumento dei ricavi delle aziende.

Le tecnologie "smart" trasformeranno definitivamente non solo i sistemi di produzione, ma cambieranno le relazioni tradizionali tra fornitori, produttori e clienti, ed anche tra uomo e macchine. In particolare, lungo la catena del valore i processi produttivi si avvantaggeranno attraverso dei sistemi IT integrati. I processi di produzione godranno di una maggiore flessibilità, fornita da macchine e prodotti "smart" che saranno in grado di comunicare tra loro. L'utilizzo di veicoli autonomi e robot regolerà automaticamente la produzione e farà in modo che si ottenga una risposta più rapida a eventi imprevisti. Prodotti, processi di produzione e automazione della produzione saranno progettati virtualmente in un unico processo integrato, anche grazie alla collaborazione di fornitori e produttori.

Inoltre, l'Industry 4.0 porterà benefici alla produttività, alla crescita dei ricavi ed agli investimenti. Consentirà un controllo smaterializzato, che sarà più veloce, più efficiente e in remoto.

Siccome l'industria 4.0 è principalmente dovuta alla digitalizzazione, i suoi benefici sono una conseguenza diretta del mondo digitale. Ecco un elenco dei principali vantaggi [III]:

- Aumento della produttività dovuto all'ottimizzazione e all'automazione - È il beneficio che più spunta all'occhio; ciò è la conseguenza di diversi aspetti: risparmio di tempo e di materiale, aumento del profitto, riduzione degli sprechi, prevenzione di errori e di ritardi, ottimizzazione del macchinario in base alle condizioni del momento, eccetera.
- Eventi in tempo reale - Le macchine, in base al contesto in cui si trovano al momento, modificano il loro modo di operare ottimizzando varie caratteristiche quali velocità di produzione, risparmio energetico, qualità del risultato. Ogni singolo evento migliorato non comporta una grande utilità, ma quest'ultima è guadagnata dalla somma di tutti i vantaggi ottenuti.
- Continuità della macchina grazie alla manutenzione predittiva e al monitoraggio - Parte del tempo perso (e quindi guadagno economico perso) nella produzione è causato dai fallimenti delle macchine, che devono così rimanere ferme fino all'attività di manutenzione. Predire la rovina di un dispositivo comporta una miglioria sul tempo di lavoro dell'impianto grazie a manutenzioni mirate.
- Migliore qualità del prodotto finale - Il monitoraggio del comportamento di un macchinario garantisce controllo e predizione della qualità. Questo beneficio è uno dei più ricercati secondo la mentalità della terza rivoluzione industriale.
- Migliori condizioni di lavoro e sostenibilità - I lavoratori sono aiutati da diversi strumenti durante i loro compiti e hanno in carico meno attività fisiche. Il monitoraggio delle macchine aumenta la sicurezza dell'impianto e, di conseguenza, dei suoi frequentatori. L'utilizzo di materiali naturali o meno pericolosi diminuisce il rischio di malattie nel lungo periodo.
- Aumento della flessibilità - La stessa capacità dei servizi informatici riguardo scalabilità e flessibilità viene trasposta nell'ambito industriale. In questo modo è possibile avere più livelli indipendenti tra loro ma interconnessi allo stesso tempo e lavorare in fasce più o meno basse. Allo stesso tempo ci si può adattare alle diverse situazioni senza particolari problemi.

- Personalizzazione - Ciò va a coprire una richiesta che tende ad aumentare nell'ultimo periodo: sia persone che aziende preferiscono un oggetto il più adatto possibile ai propri gusti ed esigenze. Però l'industria, nella terza rivoluzione industriale, era molto standardizzata poiché si puntava a migliorare la produzione, per questo motivo elaborare uno stesso prodotto con leggere modifiche comportava costi notevoli. L'industria 4.0 è invece molto più flessibile rispetto al passato rendendo le modifiche nella catena di montaggio molto più facili da applicare.
- Sviluppo di modelli di ricavo innovativi – L'industria 4.0 apre a nuovi tipi di economia e quindi di guadagno. In questo modo si riesce ad essere competitivi con le altre aziende e proporre il proprio prodotto in maniera più accattivante per investitori e clienti.

2.4 Concetti fondamentali dell'Industria 4.0

Il seguente elenco puntato spiega i concetti fondamentali dell'industria 4.0 [9]:

- Smart factory, smart manufacturing, intelligent factory, factory of the future - La smart factory sarà più intelligente, flessibile e dinamica. Il manufacturing sarà dotato di sensori, attori e sistemi autonomi. Le macchine e le attrezzature avranno la capacità di migliorare i processi attraverso l'ottimizzazione automatica e il processo decisionale autonomo.
- Nuovi sistemi nello sviluppo di prodotti e servizi - Lo sviluppo di prodotti e servizi sarà personalizzato. In questo contesto, gli approcci dell'innovazione aperta e dell'intelligenza del prodotto, nonché la memoria del prodotto, rivestono un'importanza straordinaria.
- Auto-organizzazione - Nella produzione, i processi cambiano nell'intera catena di fornitura e produzione. Questi cambiamenti avranno un impatto sul cambiamento dei processi dai fornitori alla logistica e alla gestione del ciclo di vita di un prodotto. Insieme a tutti questi cambiamenti, i processi produttivi saranno strettamente collegati attraverso i confini aziendali. Questi cambiamenti nelle catene di fornitura e produzione richiedono un maggiore decentramento dai sistemi di produzione esistenti. Ciò si adatta a una scomposizione della classica

gerarchia di produzione e un cambiamento verso l'auto-organizzazione decentralizzata.

- Smart product - Nei prodotti sono inseriti sensori e microchip che consentono la comunicazione tramite l'IoT con gli esseri umani e tra di loro. Automobili, magliette, orologi, detersivi e così via, sono destinati a diventare “intelligenti” poiché i loro produttori attaccano sensori alla loro confezione in grado di rilevare quando il prodotto viene utilizzato e possono comunicare con gli smartphone durante la scansione. I prodotti intelligenti stanno suscitando la questione dell'invasione della privacy e, di conseguenza, della sicurezza personale.
- Nuovi sistemi di distribuzione e approvvigionamento - La distribuzione e l'approvvigionamento saranno sempre più personalizzati.
- Adattamento ai bisogni umani - I nuovi sistemi di produzione e rivenditori dovrebbero essere progettati per seguire le esigenze umane anziché il contrario. Si suggerisce che questi sistemi potrebbero essere una combinazione di strumenti simili a robot come agenti intelligenti personali, come Siri, Viv, Cortana, Google Now e l'IoT. Questo può diventare il modello dominante dell'interazione tra acquirenti e venditori.
- Cyber-physical systems - I sistemi integreranno processi di calcolo, di rete e fisici. I computer e le reti incorporati monitoreranno e controlleranno i processi fisici con circuiti di feedback, in cui i processi fisici influenzano i calcoli e viceversa. Un esempio è il controllo delle funzioni umane vitali che consentono l'assistenza sanitaria urgente attraverso applicazioni mobili, sensori nei vestiti e sensori e telecamere di sorveglianza negli appartamenti.
- Smart city - La smart city è definita come una città che comprende sei fattori nella sua politica di sviluppo: economia intelligente, mobilità intelligente, ambiente intelligente, persone intelligenti, vita intelligente e governance intelligente. È il prodotto dello sviluppo accelerato dell'IT di nuova generazione e dell'economia basata sulla conoscenza, basato sulla combinazione di rete di Internet, rete di telecomunicazioni, rete di trasmissione, rete wireless a banda larga e altre reti di sensori con l'IoT come nucleo.
- Sostenibilità digitale - Sostenibilità ed efficienza delle risorse sono sempre più al centro della progettazione di città intelligenti e fabbriche intelligenti. È necessario

rispettare le regole etiche quando si utilizzano le informazioni private. Questi fattori sono condizioni quadro fondamentali per prodotti di successo.

3. Control Tower

3.1 Esternalizzazione della logistica

Dall'inizio degli anni '90, le pratiche mondiali di logistic outsourcing sono aumentate del 10% annuo. La logistica è un'area commerciale emergente in molti paesi ed è la gestione del flusso di beni e servizi dall'inizio (origine) al consumo, per garantire la soddisfazione del cliente (CS) ed è stata evoluta attraverso diverse fasi: pianificazione, implementazione e controllo del flusso efficiente e conveniente dello stoccaggio di materie prime, semilavorati, prodotti finiti e informazioni correlate dal punto di origine al punto di consumo allo scopo di conformarsi alle esigenze del cliente [10].

Tradizionalmente, la logistica veniva percepita come un costo obbligatorio da sostenere per far funzionare il business soddisfacendo i bisogni del cliente. Oggi non è più così, la gestione dell'intera supply chain è riconosciuta come una risorsa per acquisire e mantenere vantaggio competitivo. Questo nuovo modo di vedere la logistica ha aperto le strade a grandi opportunità di crescita. Per i fornitori di servizi logistici, il valore offerto al cliente si fonda sull'ottimizzazione dei costi relativi alla logistica, sull'accorciamento della lunghezza del ciclo di completamento di un ordine e sulla riduzione del numero di asset, dirigendosi verso una struttura asset light [11].

La ricerca di nuovi supporti tecnologici è un impegno continuo per le imprese di spedizione: l'IT è attualmente il principale fattore critico di successo considerando che nell'era dell'Internet of things la gestione del flusso di informazioni è per molti business più importante delle attività connesse alla gestione dei flussi fisici.

Oggi, il servizio offerto da un'impresa di spedizione può essere definito completo: il cliente ha bisogno di servizi complementari riconducibili all'attività di operatore logistico e chiede che ogni sua necessità venga soddisfatta. Lo spedizioniere riesce a distinguersi offrendo un servizio personalizzato e basando il proprio mestiere sulla proattività. Per questo, l'impresa di spedizione non è più considerata un fornitore di servizi, bensì un partner strategico nella catena del valore di un'azienda che ha relazioni commerciali con soggetti esteri.

La tecnologia è il primo motore che ha permesso alle imprese di spedizione di ampliare il loro business ad un servizio end-to-end. L'IT in particolare, consente di gestire ogni fase che separa il luogo di partenza, cioè l'impianto produttivo, dal luogo di destino, che può essere a sua volta un deposito o anche lo scaffale di un negozio [11].

In termini di tracciabilità, assume un ruolo fondamentale il servizio di tracking&tracing puntuale che fornisce completa visibilità della merce. L'informazione messa a disposizione del cliente non si limita all'identificazione della posizione, ma procura lo status della merce e ne mantiene traccia in ogni fase caricando i dati in un database che lavora in tempo reale.

In termini di coordinamento, sono stati introdotti software per l'integrazione dei sistemi informativi: lo scambio dei dati tra cliente ed impresa di spedizione avviene elettronicamente garantendo trasparenza delle informazioni, condivisione in tempo reale nonché aumento della sinergia tra le parti.

In termini di supervisione, l'utilizzo di una Control Tower permette la raccolta e la gestione di tutte le informazioni necessarie a monitorare le attività. Essa infatti è un centro di comando che fornisce visibilità, capacità decisionale e azioni di intervento immediate, basate su dati monitorati in tempo reale.

In generale, gli spedizionieri si caratterizzano per un approccio proattivo verso l'innovazione adattando le ultime novità tecnologiche alle attività operative. Si veda ad esempio l'introduzione di giroscopi, accelerometri o rilevatori ottici e termici atti a garantire integrità ed idoneità della merce in viaggio o ancora l'adozione di sofisticati sistemi di sicurezza come sniffer e scanner a raggi X, sistemi di sorveglianza notturna e allarmistica.

Inoltre, le imprese di spedizione sono molto attente alla sostenibilità del proprio business, pertanto utilizzano criteri molto stringenti nella scelta dei mezzi di trasporto imponendo ai propri fornitori l'impiego di tecnologie ecosostenibili o comunque a basso impatto ecologico. Questa attenzione è stata trasformata in un servizio offerto al cliente, il quale oggi riconosce essere a valore aggiunto e spesso lo richiede come servizio base.

3.1.1 Fornitori di servizi logistici

Molti termini vengono utilizzati per le aziende che sono coinvolte in attività di trasporto o logistica per conto dei propri clienti. I fornitori di servizi logistici possono essere definiti come specialisti del commercio internazionale, che stanno fornendo una varietà di funzioni per facilitare la circolazione delle spedizioni transfrontaliere. Queste funzioni consistono in attività tradizionali come trasporto, magazzinaggio, imballaggio, ma anche attività meno convenzionali come quelle relative allo sdoganamento, fatturazione, tracciabilità e rintracciabilità dei clienti.

Ci sono alcuni motivi considerevoli per cui le aziende scelgono l'outsourcing logistico. Nel seguente elenco si mostra una serie di motivi per cui le aziende scelgono l'outsourcing logistico [12]:

- Return on Asset – Ridurre i costi di investimento in strutture di magazzino, attrezzature di trasporto e costi di commissionamento.
- Produttività del personale – Corretto utilizzo del personale e miglioramento della produttività enfatizzando il core business.
- Flessibilità – Se l'attuale mercato e le caratteristiche del prodotto cambiano, cambiano anche le necessità della logistica. Aiuta a soddisfare le nuove esigenze dei clienti, il metodo di ordinazione e le offerte competitive.
- Costo – Le aziende scelgono l'outsourcing per migliorare il risparmio di capitale ottenendo i servizi logistici esterni a costi inferiori.
- Servizi al cliente e specializzati – Concentrarsi per aumentare la soddisfazione del cliente tra imprese e tra impresa e cliente. I servizi specializzati stanno diventando la regola, piuttosto che l'eccezione.
- Imballaggio – Aiutare le aziende a convertire i grandi capi in piccoli capi e reimballare i prodotti secondo le esigenze del cliente.
- Information Technology – Quando lo sviluppo del sistema logistico è a bassa priorità e le risorse all'interno dell'azienda sono scarse, allora ci possono essere vantaggi significativi nell'utilizzare un fornitore. I nuovi sistemi di informazione e le risorse spesso possono essere soddisfatti in modo più efficiente attraverso l'outsourcing.

3.1.2 Evoluzione dei fornitori di servizi logistici

Al fine di essere efficienti, le aziende hanno interesse a concentrare le proprie conoscenze reali sulle operazioni in cui saranno in grado di catturare il massimo valore. Per fare ciò, le aziende di solito scelgono di esternalizzare le operazioni che non sono le loro competenze chiave.

Consideriamo ora il livello di esternalizzazione esistente nel processo della supply chain; ognuno di essi ha diversi vantaggi e inconvenienti. L'azienda sceglie la strategia che corrisponde al meglio alle sue esigenze.

First Party Logistic (1PL), le persone hanno usato questo termine per quei produttori o aziende che gestiscono la logistica da soli. In 1PL il produttore possiede tutti gli asset logistici e gestisce tutte le sue funzioni logistiche.

Quando le aziende hanno iniziato a espandere geograficamente la propria attività, è diventato difficile per l'azienda gestire tutte le funzioni da sola. Quindi il concetto di Second Party Logistic (2PL) è arrivato sul mercato e queste società erano fornitori di capacità per la merce. Questi 2PL hanno iniziato a fornire servizi di nicchia (come società di autotrasporto o operatore di magazzino) e hanno anche offerto "un'unica funzione nella supply chain". Gli operatori 2PL espandono le loro capacità nella gestione delle funzioni logistiche, integrano anche diversi servizi forniti in precedenza separatamente, forniscono servizi logistici e coinvolgono anche alcune capacità di gestione della supply chain [13].

Le crescenti esigenze hanno portato a società Third Party Logistic (3PL) che possono fornire un miglioramento dell'inventario e delle prestazioni dei tempi di consegna, acquisendo contemporaneamente economie di scala derivanti da maggiori volumi ottenuti aggregando la domanda su un gran numero di clienti.

Il Fourth Party Logistic (4PL) è la prossima evoluzione dell'outsourcing logistico ed è stato sviluppato sulla base del 3PL. I 4PL sono i fornitori di servizi e sono noti come integratori della supply chain che assemblano e gestiscono le risorse, le capacità e la tecnologia della propria organizzazione con quelle dei fornitori di servizi complementari, per fornire una soluzione completa della supply chain [14].

Il Fifth Party Logistic (5PL) è nato dopo il successo del 4PL nella progettazione e implementazione di supply chain globali creative, flessibili e altamente economiche, per arrivare a una forma più strategica di gestione della supply chain. Il 5PL è indicato come allineamento delle singole supply chain in una rete comune gestita strategicamente da un unico organismo.

I partecipanti sono così in grado di godere dei vantaggi della visibilità in tempo reale e di maggiori economie di scala che altrimenti non sarebbero godibili impiegando fornitori di servizi logistici di terze parti, ottenendo al contempo prestazioni più elevate e costi inferiori.

L'obiettivo principale dei 5PL è fornire la soluzione logistica globale per l'intera supply chain e il fattore di successo di questa nuova evoluzione è l'integrazione della tecnologia dell'informazione e del sistema informatico.



Figura 10: Tipi di operatori logistici [XXI]

3.1.2.1 First Party Logistic (1PL)

Il primo livello è il First Party Logistic (1PL). Significa l'esternalizzazione di tutte le operazioni di trasporto. L'intero processo logistico e distributivo è ancora gestito internamente dall'azienda, la società mantiene le proprie operazioni logistiche.

I vantaggi sono:

- L'azienda mantiene il controllo completo dei processi logistici
- La società controlla i processi di qualità
- La società ha il controllo sugli imballaggi

Gli svantaggi sono:

- L'azienda deve essere responsabile di ogni aspetto dei processi logistici. Ciò comporta una competenza più ampia
- Mantenere un livello di alta qualità è costoso e richiede ulteriori infrastrutture, personale, attrezzature, ecc.

Oggi la maggior parte delle aziende esternalizza le proprie operazioni logistiche a fornitori esterni.

3.1.2.2 Second Party Logistic (2PL)

Il secondo livello di esternalizzazione è il Second Party Logistic (2PL); ciò significa l'esternalizzazione del trasporto e dello stoccaggio. L'organizzazione e il follow-up rimangono di responsabilità del produttore.

Questo tipo di relazione con i fornitori, come per i 1PL, è spesso solo orientata ai costi ed è a breve termine. Il fornitore sta facendo ciò che il cliente richiede e viene pagato di conseguenza.

I vantaggi sono:

- Poiché questi non sono rapporti solidi, l'azienda mantiene la flessibilità in termini di quali componenti della supply chain sono esternalizzati e quali sono totalmente gestiti internamente
- Permette di sfruttare i numerosi mezzi di trasporto dei fornitori. È ancora più importante per le aziende che esportano i loro prodotti in altri paesi

Lo svantaggio è:

- Questa non è in genere una soluzione logistica a servizio completo. L'azienda è ancora responsabile di gran parte dei processi logistici che necessitano di mezzi e conoscenze forti per essere gestiti in modo efficiente

3.1.2.3 Third Party Logistic (3PL)

La logistica di terze parti (3PL) nella gestione della logistica e della supply chain è l'utilizzo da parte di un'organizzazione di aziende terze per esternalizzare elementi della sua distribuzione, deposito e servizi di evasione [XXII].

I fornitori di servizi logistici di terze parti sono, in genere, specializzati in operazioni integrate di magazzino e servizi di trasporto che possono essere ridimensionate e personalizzate in base alle esigenze dei clienti, alle condizioni del mercato, per soddisfare le esigenze e i requisiti del servizio di consegna dei loro prodotti. I servizi, spesso, si estendono oltre la logistica per includere prestazioni a valore aggiunto relativo alla produzione o all'approvvigionamento di merci, come i servizi che integrano parti della supply chain.

Le funzioni svolte dai 3PL possono comprendere l'intero processo logistico o possono selezionare solo alcune attività all'interno di tale processo. La logistica di terzi prevede l'utilizzo di società esterne per eseguire alcune o tutte le attività logistiche dell'azienda. Una logica fondamentale per tale esternalizzazione è che con l'intensificarsi della concorrenza globale, le aziende stanno concentrando le loro energie su attività chiave che sono fondamentali per la sopravvivenza, lasciando il resto alle aziende specializzate. Queste attività sono offerte ai clienti in modo integrato, non su base autonoma, pertanto la cooperazione tra lo spedizioniere e la società esterna è un rapporto continuo e intenzionale.

I fornitori di servizi logistici di terze parti comprendono spedizionieri, corrieri e altre aziende che offrono servizi di logistica e trasporto. A questo proposito si delineano quattro categorie di fornitori di logistica di terze parti [15]:

- Provider 3PL standard - Rappresenta la forma più semplice di un provider 3PL, in grado di svolgere funzioni di base della logistica come pick and pack, magazzinaggio e distribuzione.

- Sviluppatore di servizi - Rappresenta un fornitore 3PL in grado di offrire ai propri clienti servizi a valore aggiunto avanzati come tracciabilità, cross-docking o packaging specifico. Per svolgere questa tipologia di attività il fornitore deve possedere una solid Information Technology e una profonda conoscenza in ambito economico.
- Adattatore per il cliente - Questo fornitore si attiva su richiesta del cliente e prende in carico, fondamentalmente, il controllo completo delle attività logistiche dell'azienda, migliorandone la logistica ma non sviluppando un nuovo servizio.
- Sviluppatore del cliente - Rappresenta il livello più alto che un fornitore 3PL possa raggiungere rispetto ai suoi processi e attività, andando ad integrarsi con il cliente e assumendo l'intera funzione logistica.

I 3PL iniziano ad operare al termine della produzione. Affrontano tutte le questioni relative alla distribuzione e talvolta si occupano anche dello smaltimento delle rimanenti materie prime. Le società di logistica di terze parti offrono una serie di servizi alle aziende come magazzino pubblico, magazzino dedicato, distribuzione e logistica totale. Tradizionalmente gli operatori 3PL hanno fornito servizi basati sulle risorse, come deposito, trasporto, spedizioni o intermediazione doganale.

Esiste una vasta gamma di operazioni diverse fornite dalle società di servizi 3PL; alcune aziende tendono a specializzarsi in determinati tipi e stili di operazioni piuttosto che cercare di offrire tutte le alternative disponibili. Una sintesi dei servizi 3PL è illustrata in Tabella 2 [16].

Maggiori funzioni	Sotto-funzioni	Idea di servizio
Magazzinaggio e stoccaggio	Operazioni di deposito e distribuzione	Tutte le funzioni standard di deposito e distribuzione, comprese le merci verso l'interno, la scorta di sicurezza, il ritiro, l'imballaggio e il consolidamento della consegna
	Magazzino in eccesso	A causa della mancanza di spazio di archiviazione, vengono utilizzati magazzini generali di proprietà esterna
	Cross docking	Consegna immediata dei prodotti finiti dopo la produzione
	Trasbordo	Smistamento e consegna successiva degli ordini già raccolti
	Alla rinfusa	Contenitori o veicoli con carichi completi vengono

		ricevuti dall'esterno per la consegna finale in un paese
Stock e inventario	Gestione delle scorte	Controllo delle scorte, rotazione delle scorte, ricostituzione delle scorte, obsolescenza e altre attività correlate
	Responsabilità specifica dello stock	Controllo e visione dell'inventario dei prodotti finiti
Trasporto	Trasporto primario	Spostare il prodotto al minimo costo, che in genere comporta l'utilizzo del veicolo più grande possibile, assicurandosi che il veicolo sia pieno al massimo della capacità.
	Trasporto secondario	I veicoli carichi vengono inviati direttamente presso la sede del cliente senza trasbordo.
	Merchandising	Preparazione del prodotto per l'esposizione e la vendita (ad es. etichettatura e imballaggio); comporta anche la revisione dei livelli delle scorte nel negozio e la disposizione delle merci

Tabella 2: Servizi 3PL

Le organizzazioni devono competere a livello globale e sta diventando sempre più difficile soddisfare le richieste dei clienti. In questo clima di business in continua evoluzione, il cliente desidera prodotti di qualità, un servizio superiore, consegne rapide e un valore aggiunto migliore. I fornitori di 3PL potrebbero aiutare le aziende a raggiungere i propri obiettivi fornendo i seguenti vantaggi [17]:

- Controllo della stagionalità del prodotto
- Migliore utilizzo delle risorse perché il capitale non è più legato ai costi di stoccaggio o alle scorte di sicurezza non necessari
- Condivisione del rischio
- Migliore flusso di cassa
- La società può davvero concentrarsi sulle sue competenze chiave poiché il carico di lavoro di tali operazioni è gestito dal fornitore di servizi logistici.
- Trovare il giusto fornitore 3PL può far risparmiare tempo e denaro a un'azienda. Può utilizzare l'economia di scala combinata con l'esperienza del fornitore per ridurre i costi.

- L'azienda beneficia di numerosi siti di stoccaggio locali e internazionali. Le spedizioni vengono consegnate più rapidamente a destinazione a causa della qualità delle attrezzature e della competenza del fornitore.
- Poiché la società è in grado di realizzare economie di scala, questa soluzione funziona bene per aziende in rapida crescita con ordini di grandi volumi o grandi volumi di ordini.
- L'azienda può comunque controllare il servizio clienti e i resi al fine di approssimare il livello di servizio percepito.

I possibili svantaggi, invece, sono:

- La società ha meno controllo sull'inventario e sull'esperienza del cliente.
- Può essere difficile e richiede tempo trovare il fornitore giusto. Un'azienda deve essere in grado di fidarsi e fare affidamento sul proprio fornitore.
- Questa soluzione non è adatta a un'azienda con ordini di piccole quantità. È molto costoso.
- In generale, i fornitori di 3PL non gestiscono merci deperibili, pericolose o infiammabili. Ci vorrà molto più tempo per le aziende che forniscono questo tipo di prodotti per trovare il giusto fornitore 3PL.

3.1.2.4 Fourth Party Logistic (4PL)

Il quarto livello è il Fourth Party Logistic (4PL). Tali fornitori di servizi fanno un ulteriore passo avanti rispetto ai fornitori 3PL: gestiscono risorse, tecnologia, infrastruttura e persino i fornitori 3PL esterni per progettare, costruire e fornire soluzioni per la supply chain delle aziende. Spesso i fornitori di servizi 4PL non dispongono di mezzi di trasporto e magazzini; di solito usano i provider 3PL per quelle attività. Il loro bene più prezioso è la conoscenza che hanno; la loro prima missione è monitorare i processi logistici. In questa soluzione, non solo le operazioni sono esternalizzate, ma anche le funzioni.

Tuttavia, poiché il concetto di 4PL è in continua evoluzione a causa della natura complessa delle supply chain, sono state avanzate varie definizioni nel tentativo di specificarne le caratteristiche e le condizioni operative. Nonostante le molteplici definizioni di 4PL e l'incoerenza tra alcune di esse, gli accademici si accordano reciprocamente su quattro attributi chiave, vale a dire: integratore/singolo punto di

responsabilità, intermediario di informazioni della rete di approvvigionamento, neutralità delle risorse e fornitore di risorse. In generale, dal punto di vista del flusso di materiale, i 4PL fungono da integratori gestendo e dirigendo le attività di più fornitori e imprese di produzione 3PL [18].

Dal punto di vista del flusso di informazioni, i 4PL integrano anche le competenze dei fornitori di 3PL, delle società di consulenza e dei fornitori di tecnologia. In altre parole, da una prospettiva più strategica, i 4PL riuniscono le necessità e le risorse dei clienti sfruttando le competenze, le strategie, la tecnologia e la portata globale della rete di fornitura.

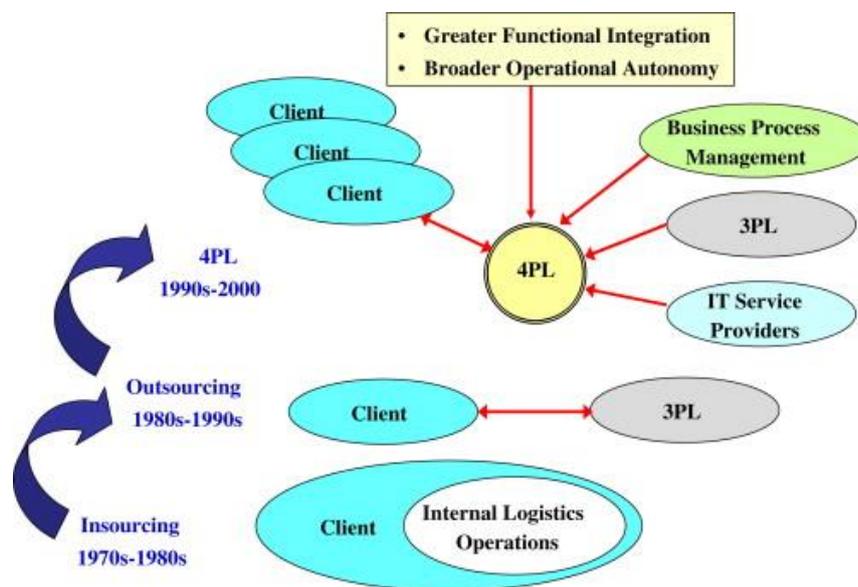


Figura 11: Logistic Outsourcing nella visione dei processi di globalizzazione [19]

La rapida accelerazione delle funzionalità elettroniche e la congiunzione della tecnologia hanno accentuato la necessità di un integratore globale per le attività della supply chain e il 4PL, essendo un'evoluzione dell'outsourcing della supply chain, condivide le fonti di attività della supply chain con un cliente e seleziona il teaming partner, sotto la direzione di un set integratore 4PL. L'outsourcing 3PL è ora accettato come pratica aziendale e la logistica di quarte parti lo sta accettando come soluzione rivoluzionaria nella moderna supply chain, che affronta tatticamente le sfide e offre il massimo beneficio complessivo [20].

Inoltre, il produttore stipula un contratto con un fornitore logistico di quarte parti, progetta la strategia della supply chain e si coordina con il cliente. Il 4PL deve coordinarsi

con il cliente dei clienti e con il fornitore di servizi 3PL e deve anche stipulare contratti per proprio conto con il fornitore di servizi 3PL per eseguire le attività logistiche.

Esiste un diverso livello di esternalizzazione 4PL, che dipenderà nuovamente dalla strategia aziendale. La società ha scelto quali funzioni della supply chain devono essere esternalizzate e quali devono rimanere interne.

Il fornitore 4PL deve coordinare i diversi attori nella supply chain di un'azienda. L'arrivo di questo tipo di provider è notevolmente supportato dalle nuove tecnologie di informazione e comunicazione e dalla crescita dell'innovazione.

La logistica di quarte parti gestisce il processo logistico indipendentemente da quali vettori, spedizionieri o magazzini vengano utilizzati. Pertanto, le 4PL sono diventate la soluzione logica per l'outsourcing dei processi aziendali fornendo visibilità e integrazione tra più aziende. Gli utenti di 4PL possono prestare attenzione alle competenze chiave per ottenere un output migliore mentre gestiscono e utilizzano le proprie risorse e le risorse dell'azienda, come l'inventario e il personale. Un 4PL è trattato come un partner strategico, piuttosto che tattico ed è un integratore della supply chain che sintetizza e gestisce le risorse, le capacità e la tecnologia della propria organizzazione con quelle dei fornitori di servizi complementari, per fornire una soluzione completa della supply chain [21].

I fornitori di servizi 3PL stanno fornendo servizi di base patrimoniale e non patrimoniale ai produttori. Possiamo semplicemente affermare che include il coordinamento della distribuzione da un luogo a un altro, ma il 4PL sta fornendo alle aziende manifatturiere una competenza superiore in deposito, trasporto e altri settori logistici. Il 4PL si occupa principalmente del servizio amministrativo in aggiunta ai servizi offerti dai 3PL. Nella seguente tabella vengono elencati una serie di servizi forniti dai fornitori di 4PL:

- Negoziati di trasporto con 3PL
- Gestione del contratto di trasporto
- Fatturazione per il trasporto
- Programmi di miglioramento continuo
- Gestione dei fornitori di servizi
- Soluzioni IT

- Gestione dei rischi e assicurazioni
- Gestione del flusso di cassa
- Pianificazione aziendale
- Pianificazione e gestione dell'inventario
- Gestione della logistica inversa
- Consulenza sulla strategia logistica
- Analisi e progettazione della rete

Il 4PL funge da integratore che riunisce le esigenze del cliente e le risorse disponibili utilizzando i servizi dei provider 3PL sottostanti, i provider IT e gli elementi della gestione dei processi aziendali. Le società 4PL sono più integrate con le prestazioni e la strategia della catena di fornitura dei loro clienti e offrono molti vantaggi ai clienti. Una serie di vantaggi che possono essere derivati dai fornitori di servizi 4PL sono:

- Aumento del valore per i clienti
- Rafforzamento delle relazioni con i clienti
- Sfuggire alla spinta verso la mercificazione dei servizi logistici
- Capacità di costo per gestire le attività di più provider 3PL
- Esperienza nel facilitare l'integrazione della supply chain
- Controllo, gestione e riduzione dei costi
- Comprensione delle specifiche attività del settore industriale in cui stanno cercando di fornire servizi 4PL
- Capacità di coordinare e favorire relazioni migliorate all'interno della catena del valore
- Esperienza nella gestione delle supply chain globali

Ogni tipo successivo di fornitore di servizi logistici offre un coinvolgimento maggiore nella supply chain rispetto a quello precedente. La scelta del livello di implicazione dipenderà dal modello di business, dall'infrastruttura, dal budget dell'azienda e da quanto controllo vuole sulla sua catena di fornitura.

In conclusione, la logistica non era considerata un attività "core" e per questo le aziende si affidavano agli operatori logistici; le aziende principali perdevano il contatto diretto con il mercato e le informazioni che ricevevano erano filtrate. Per sopperire a questo

problema alcune aziende stanno lavorando per riportare la logistica a ricoprire un ruolo importante per l'impresa, facendola diventare un'attività "core". Il soggetto principale preposto a questo compito è la Control Tower.

3.2 Collocamento della Control Tower nella Supply Chain

L'economia globale richiede una gestione totale della supply chain, che coinvolge molti partner, processi, risorse e informazioni. In tali condizioni, competere significa attuare e mantenere una supply chain agile, adattiva e allineata. L'allineamento dinamico e l'agilità richiedono visibilità e reattività ed entrambi hanno la necessità di ricevere informazioni in tempo reale e renderle disponibili per tutti i decisori con meccanismi di sincronizzazione delle operazioni e circuiti di feedback. La visibilità e la reattività potrebbero essere ottenute implementando la gestione degli eventi della supply chain (SCEM) consistente nel monitoraggio della sequenza pianificata di attività lungo una supply chain e la successiva segnalazione di eventuali divergenze rispetto a tale piano, per consentire un approccio proattivo, quasi automatico, in risposta alle deviazioni dal piano.

La supply chain è un insieme di organizzazioni collegate da flussi a monte e a valle di prodotti, servizi e informazioni. Al giorno d'oggi la visibilità della supply chain è il fattore chiave per la gestione di un'azienda all'interno dei confini dell'organizzazione.

Tutti i livelli della gerarchia della supply chain sono tenuti a prestare attenzione ai principali obiettivi della gestione della supply chain, massimizzando il servizio e i vantaggi per il cliente e riducendo i costi lungo l'intera catena. Al fine di raggiungere l'obiettivo, vengono applicati diversi strumenti e metodi per la progettazione della supply chain (a livello strategico), la loro pianificazione (a livello tattico) e l'esecuzione dei processi (a livello operativo). Spesso il presupposto di un'integrazione dei tre livelli non è sempre dato, poiché esiste un divario tra i sistemi di pianificazione a livello di pianificazione tattica dei processi e tra gli strumenti di monitoraggio a livello di esecuzione. Pertanto, il tracciamento dei processi e dei progressi è fortemente ostacolato e perciò molte aziende non sono in grado di registrare le deviazioni dalla pianificazione a livello operativo e di reagire in modo ottimale in termini di una visione tattica. Questo è particolarmente valido per il settore dei trasporti e della logistica con molti partner coinvolti su diversi livelli e un basso livello di integrazione. Pertanto, ai rispettivi partner raramente viene data la

possibilità di tracciare il processo effettivo e lo stato di avanzamento, ancor meno attraverso i confini dell'azienda. Di conseguenza, la perdita dei vantaggi per i clienti e l'aumento dei costi della supply chain sono il risultato della mancanza di trasparenza dei processi effettivi e della mancanza di conoscenza delle deviazioni [22].

In sostanza, il supply chain management è un concetto strategico che mira a rendere i processi di business lungo la catena del valore e l'uso delle risorse il più efficiente ed economico possibile. Per questo, è inevitabile una stretta collaborazione tra tutti i partecipanti per la progettazione ottimale di tutti i flussi di merci, informazioni e denaro all'interno e tra le società coinvolte. Oltre alla solidità, che è anche considerata un punto sensibile del concetto di gestione della supply chain, l'allocazione e l'uso delle risorse alla massima efficienza svolgono un ruolo importante nelle supply chain. Salvaguardando la trasparenza lungo la supply chain e consentendo la visibilità richiesta, i responsabili delle decisioni sono autorizzati a intraprendere azioni adeguate tenendo presente un uso economico delle risorse. Pertanto, l'efficienza delle risorse deve essere collegata ai termini di visibilità e monitoraggio della supply chain. Questo vale sia per i casi standard che per le deviazioni. Tutti gli approcci alla soluzione si basano sulla disponibilità degli strumenti appropriati per monitorare i processi continuamente e per tenere traccia del processo e delle risorse utilizzate. Nella collaborazione della supply chain lo scambio di informazioni è essenziale per tali obiettivi. La gestione degli eventi della supply chain è un concetto che ha come approccio iniziale per risolvere il problema la definizione di milestones, cosiddetti eventi, e il confronto delle informazioni operative con i dati di pianificazione, in modo da ottenere una maggiore visibilità e un migliore processo decisionale mediante comunicazione e visualizzazione delle informazioni. Le soluzioni esistenti di gestione degli eventi della catena logistica ignorano i componenti in tempo reale o abbandonano la funzionalità di coerenza lungo l'intera catena senza aree vuote [23].

Con la continua promozione del concetto di supply chain management, le aziende hanno iniziato a introdurre e ad applicare in modo completo la modalità di gestione della supply chain per mantenere la competitività sostenibile. Nei paesi sviluppati, l'industria ha adottato la gestione della supply chain per migliorare l'efficienza e i vantaggi dell'intera supply chain. I collegamenti della supply chain comprendono approvvigionamento,

produzione, lavorazione, imballaggio, distribuzione, vendita al dettaglio, servizio post-vendita e così via.

I beni strumentali sono sistemi tecnici avanzati importanti per la consegna di beni e servizi. Esempi sono macchine per la produzione, attrezzature mediche avanzate, computer industriali, sistemi di movimentazione dei materiali e sistemi di difesa. La disponibilità di tali sistemi è fondamentale per garantire la consegna senza interruzioni di questi beni e servizi vitali. Gli operatori di questi sistemi, in genere mirano a ridurre i costi del ciclo di vita e a raggiungere i tempi di attività. Questi obiettivi richiedono una conoscenza specializzata di questi sistemi, pertanto i servizi post-vendita sono spesso forniti dai produttori di apparecchiature originali (OEM) e dai fornitori di servizi di terze parti agli utenti. Questi servizi vanno dalla fornitura di pezzi di ricambio ai servizi di manutenzione completi, che coprono la manutenzione preventiva e correttiva [24].

I livelli di servizio sono elevati, ad esempio il tempo medio di attesa espresso in ore e il monitoraggio dei livelli di servizio durante il periodo del contratto è fondamentale per evitare sanzioni. I fornitori di servizi cercano un equilibrio tra il raggiungimento di elevati livelli di servizio tenendo i pezzi di ricambio vicino ai siti dei clienti e limitando l'inventario e le soluzioni costose come le spedizioni di emergenza.

Per raggiungere questi obiettivi, accanto alle decisioni di pianificazione a livello tattico e strategico, le aziende devono tenere traccia delle prestazioni quotidiane: intervengono quando si verifica un esaurimento o preferibilmente impediscono che si verifichi un esaurimento. Per eseguire queste azioni, i pianificatori possono beneficiare di informazioni sul tempo reale di domanda e offerta. Il nuovo tipo di sistemi di supporto alle informazioni e alle decisioni che uniscono e visualizzano queste informazioni sulla supply chain sono chiamati Control Tower della supply chain. Una Control Tower logistica è un sistema centralizzato capace di raccogliere e sfruttare in tempo reale tutti i dati provenienti dal monitoraggio dei vari passaggi del carico. Questa risorsa presenta numerosi vantaggi ma richiede anche la digitalizzazione dei processi logistici. I rapporti commerciali e i rapporti dei fornitori di soluzioni IT mostrano che la gestione degli eventi della supply chain è fornita dalla Control Tower [24].

3.3 Una visione generale sulla Control Tower

La presenza di un centro aggregatore come la Control Tower permette alle aziende di avere una migliore gestione della logistica, con una riduzione dei costi e un'ottimizzazione del servizio.

Infatti una Supply Chain è costituita sia da passaggi fisici del carico da un operatore all'altro, che da informazioni: la torre di controllo provvede alla raccolta e alla gestione dei dati in tempo reale.

Grazie al rilevamento e alla gestione dei dati in tempo reale, la Control Tower permette di avere [XXIII]:

- **Visibilità completa sulla Supply Chain** - Il carico può essere seguito e monitorato in qualsiasi momento, da quando lascia il magazzino fino a destinazione. Questa operazione consente di rilevare le principali informazioni sulla spedizione, quali percorsi, soste e tempi di transito.
- **Maggiore sicurezza e tracciabilità** - Oltre alla possibilità di intervenire tempestivamente in caso di furti e smarrimenti, il sistema permette di migliorare il controllo della temperatura e dei tempi di consegna, per una perfetta conservazione delle merci. In particolare la merce viene tracciata in tempo reale e, in caso di scostamento dal percorso o dal range di temperatura, il personale coinvolto viene informato attraverso alert personalizzati.
- **Ottimizzazione della logistica e reportistica** - Grazie all'aggregazione e alla gestione dei dati, la Control Tower permette di individuare e risolvere tempestivamente qualsiasi falla presente all'interno della catena logistica, ma anche di migliorare l'efficienza, ottimizzando gli itinerari. Grazie al sistema di reportistica degli strumenti usati è possibile condividere facilmente le informazioni con ogni operatore interessato ed interrompere lo scarico di responsabilità da un operatore all'altro in caso di danneggiamento del carico.
- **Riduzione dei costi** - La migliore organizzazione logistica e il maggior controllo hanno come risultato un abbattimento dei costi e degli sprechi: oltre ad evitare perdite economiche legate al deterioramento o allo smarrimento delle merci, il sistema consente di ridurre i premi assicurativi e i costi di spedizione.

- Flessibilità - Grazie ai suoi sistemi di automazione e alla capacità degli strumenti digitali, le logiche della Control Tower possono essere impiegate per qualsiasi necessità logistica e per qualsiasi obiettivo.

Una Service Control Tower (SCT) funge da hub centralizzato che utilizza i dati in tempo reale dell'azienda, ha una gestione integrata dei dati e dei sistemi transazionali per integrare processi e strumenti nella catena di servizi di fornitura end-to-end e guidare i risultati di business. Le aziende mirano a utilizzare le SCT per monitorare la propria supply chain e generare avvisi, noti anche come messaggi di eccezione o motivi di revisione; questi messaggi vengono solitamente generati in base alle regole aziendali. I pianificatori riesaminano questi messaggi e selezionano un intervento operativo, come l'immissione di una spedizione di emergenza o un nuovo acquisto aggiuntivo. A causa del numero considerevole di tali messaggi, i pianificatori possono elaborarne solo una parte, pertanto è essenziale dare la priorità ai messaggi e automatizzare gli interventi operativi standard [25].

Le decisioni pratiche di pianificazione operativa nella pratica sono caratterizzate dalle seguenti caratteristiche [26]:

- Le decisioni hanno effetto immediato o richiedono un tempo inferiore rispetto ad es. rifornimenti regolari; influenzano principalmente le prestazioni a breve termine (ore, giorni o al massimo settimane).
- Le decisioni si basano su informazioni in tempo reale, come l'inventario corrente disponibile, lo stock di condutture, il numero di parti in riparazione o restituzione, le stime dei tempi di completamento del processo, le previsioni della domanda a breve termine e le informazioni sulla domanda anticipata (ADI) derivate dal monitoraggio delle condizioni o preventivo piani di manutenzione. Tali informazioni non sono disponibili per la pianificazione tattica.
- Le decisioni strategiche e tattiche, ad esempio la rete di approvvigionamento, i parametri di controllo dell'inventario, non possono essere influenzati a breve termine e pertanto sono fissi.

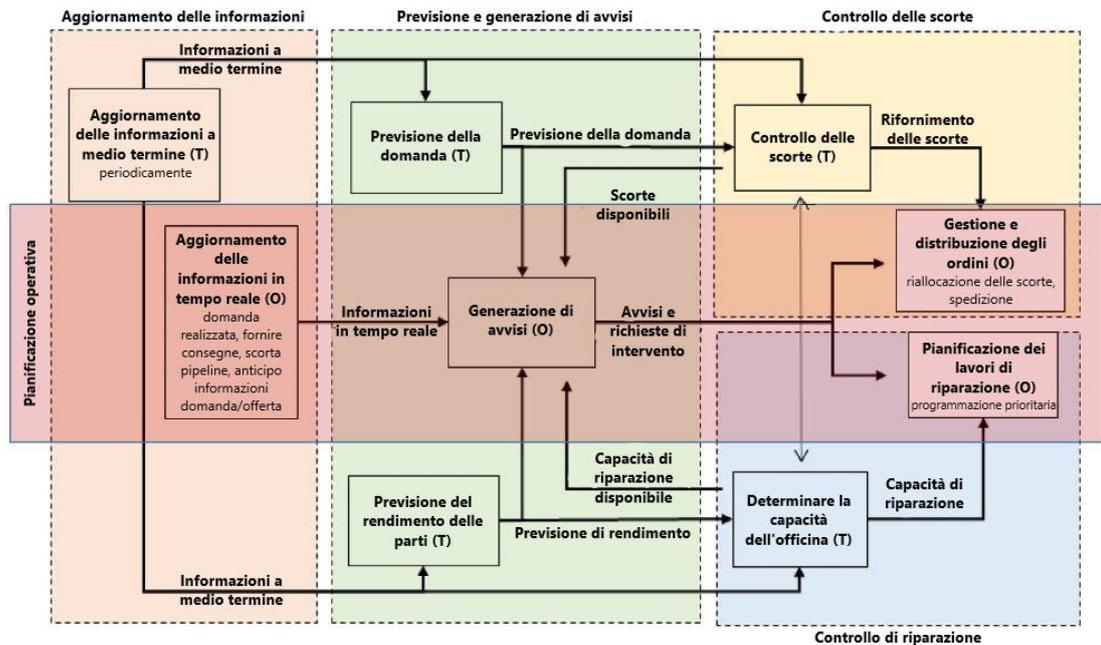


Figura 12: Decisioni e processi tattici e operativi

La Figura 12 [24] illustra la relazione gerarchica tra le decisioni tattiche (indicate da T) e operative (indicate da O) nella manutenzione e nella pianificazione delle parti di ricambio, nonché la loro relazione con l'uso delle informazioni. Colori diversi mostrano una categorizzazione delle decisioni basata sul contenuto, ad esempio controllo dell'inventario, controllo delle riparazioni.

3.4 Ruolo e principi di funzionamento della Control Tower

Le Control Tower sono state considerate per diversi anni come un futuro strumento per il monitoraggio della supply chain. Fino a qualche tempo fa, le soluzioni delle Control Towers nell'intero settore dei trasporti e della logistica non avevano ottenuto l'accettazione a causa di una mancanza di monitoraggio del processo della supply chain in tempo reale a causa delle restrizioni tecnologiche. Le Control Tower sono sistemi di supporto alle decisioni che fondono flussi di dati diversi da vari livelli subordinati e visualizzano le informazioni consolidate a un livello superiore allo scopo di monitorare e controllare i processi perseguendo l'obiettivo di ottimizzare le operazioni di processo. All'interno della piramide dell'automazione, le Control Tower sono situate nel livello di controllo e sono collegate sia al livello base dei dispositivi, che comprende sensori, attuatori e ulteriori macchine, sia al livello del sistema di esecuzione, costituito da sistemi di gestione del magazzino, sistemi di esecuzione della produzione e altri [22].

La Control Tower della supply chain deve fornire ai proprietari dell'azienda una visione panoramica della domanda e delle operazioni della rete commerciale dal lato dell'offerta. Eventi aziendali come: interruzioni dell'offerta (ad esempio, carenza globale di parti), picchi di domanda (ad esempio, un nuovo prodotto è un successo) e catastrofi naturali (ad esempio, inondazioni, tsunami, terremoti), hanno dimostrato la necessità non solo di visibilità cross-network, ma anche capacità di eseguire piani della supply chain su più livelli della rete di commercio. La necessità di visibilità nelle supply chain cresce con la loro complessità; ad esempio: prodotti complessi con cicli di vita più brevi che conducono a fonti e processi di approvvigionamento inaffidabili; tempi di consegna attesi dai clienti più brevi mentre aumentano i tempi di consegna per il rifornimento; organizzazioni complesse e sistemi di informazione complessi. La Control Tower agisce utilizzando tecnologia, organizzazione e processi che catturano la visibilità del movimento dei prodotti. La funzione chiave delle Control Tower è di fornire una maggiore visibilità per il processo decisionale a breve e a lungo termine in linea con gli obiettivi strategici. Il valore aggiunto di tale soluzione è un tempo minore per la risoluzione dei problemi e un facile accesso da parte del leader alle metriche prestazionali su tutta la linea. Per i responsabili della supply chain incaricati della gestione dei rischi, la Control Tower consente alle aziende di passare dalla reazione all'anticipazione [27].

Una torre di controllo monitora, misura e riporta i dati di tempistica, efficienza e servizio in tempo reale e assiste il cliente nell'allineamento e nella realizzazione di obiettivi strategici. Pertanto, l'edificio Control Tower richiede: la tecnologia, utilizzando le metriche appropriate, coinvolgendo il giusto team di esperti qualificati, i processi di progettazione e l'organizzazione con le sue interfacce per tutti i partner nella supply chain.

Le interfacce IT sono necessarie perché la Control Tower utilizza dati in tempo reale provenienti da sistemi transazionali esistenti al fine di integrare processi e strumenti lungo la supply chain end-to-end. Le Control Towers utilizzano procedure operative standard; potrebbero esserci diverse posizioni geografiche con team distribuiti in diversi fusi orari e con diverse culture, ma comunicherebbero seguendo esattamente gli stessi processi. Il valore qui è che un sistema e un processo sono gestiti in modo standard lungo tutta la supply chain [27].

Le funzionalità tipiche offerte negli strumenti IT che supportano la Control Tower sono: dashboard KPI, avviso di azione, gestione di attività e casi (anche denominato "sistema di gestione dei ticket") e visibilità globale principalmente della domanda e dell'offerta. Le capacità chiave dello strumento sono: accesso in tempo reale alle informazioni nell'intera supply chain, gestione degli eventi e notifica avvisi, potenti strumenti di analisi, tra cui analisi predittiva e processi semplificati guidati tramite flussi di lavoro. Gli strumenti di analisi dovrebbero applicare la business intelligence per supportare il rilevamento di problemi e crisi utilizzando la "gestione dell'eccezione" e suggerire scenari di risoluzione dei problemi.

La scelta della soluzione IT per le Control Tower è molto ampia: la soluzione principale si concentra sulla fornitura di intelligence ai decisori attraverso funzionalità - ad es. rilevare eventi imprevisti lungo la supply chain, diagnosticare la causa principale e offrire una scelta di azioni correttive. Offrono anche la possibilità di condurre analisi "what if", quindi effettuare scelte guidate ottimali che bilanciano la reattività a breve termine con obiettivi strategici a lungo termine [27].

La torre di controllo della supply chain e le loro soluzioni IT hanno applicazioni in molti settori diversi. Un'altra possibile definizione di Control Tower è: sistema di pianificazione ed esecuzione, che affronta efficacemente il vincolo e/o la contesa delle risorse, nonché la deviazione del processo al fine di eseguire azioni correttive e preventive in tempo reale. Il suo scopo è di regolare la supply chain massimizzando il servizio, minimizzando i tempi di ciclo e ottimizzando le risorse.

3.5 Architettura funzionale

Per descrivere la struttura di una Control Tower ci sono diversi metodi possibili; di seguito analizzerò due possibili soluzioni.

3.5.1 MAPE-K

Il monitoraggio e il controllo sono le due principali funzioni che ogni torre di controllo dovrebbe avere. Entrambi sono rappresentati nel circuito di controllo MAPE-K, un concetto di architettura funzionale dal campo del calcolo autonomo che viene applicato sulle torri di controllo. Il termine MAPE-K è un'abbreviazione delle sue cinque componenti funzionali: Monitoring, Analysis, Planning, Execution e Knowledge base. Il componente

Monitor riceve i dati, relativi al processo, raccolti dai sistemi collegati e dal mondo reale tramite sensori e altri dispositivi. Dopo aver ricevuto, aggregato, correlato e inserito i dati, questi vengono trasmessi al componente Analyze [28]. Alla ricezione dei dati dal componente Monitor, un confronto dei valori effettivi con i valori target previsti (ad es. dal sistema di pianificazione e programmazione collegato) viene eseguito nel componente Analyze e utilizzato per decidere se esiste un'eccezione. In caso di tale eccezione, il componente Plan (o meglio Replan) utilizza i dati analizzati dal componente Analyze e sviluppa e propone alternative di azione al fine di raggiungere uno stato del processo preferito. Il componente Execute è l'interfaccia per l'utente della Control Tower, in cui è in grado di selezionare tra le varie alternative di azione presentate dal componente Plan e applicarlo al problema. L'alternativa all'azione selezionata viene comunicata alle posizioni interessate nei sistemi tecnici collegati con l'aiuto di effettori al fine di realizzare le modifiche richieste e al componente Know che funge da base di conoscenza per i dati raccolti ed elaborati negli altri quattro componenti. Mentre gli altri componenti collegano un circuito di controllo che continua a funzionare fino alla fine del processo monitorato, il componente Know gestisce i dati raccolti ed elaborati recuperati e depositati in esso dagli altri componenti. Inoltre, varie tendenze e relazioni causali possono essere riconosciute dalle numerose esecuzioni del circuito di controllo nel tempo, consentendo la fornitura di un supporto decisionale affidabile per l'utente della Control Tower [22].

3.5.2 Cinque livelli

Il sistema di torre di controllo è costituito da un'organizzazione umana, processi e soluzioni IT. Consente una risposta proattiva e/o automatica a qualsiasi deviazione, vincolo o contesa. Offre una migliore visibilità per le decisioni a breve e lungo termine in linea con gli obiettivi strategici.

Il sistema della Control Tower delle informazioni sulla supply chain può essere rappresentato con "cinque strati". Al fine di: raccogliere, archiviare, analizzare i dati, diagnosticare i problemi, ottimizzare le soluzioni oltre a innescare e controllare le azioni l'intero sistema dovrebbe essere costituito da cinque livelli di base. La struttura di base della Control Tower è mostrata in Figura 13 [29].

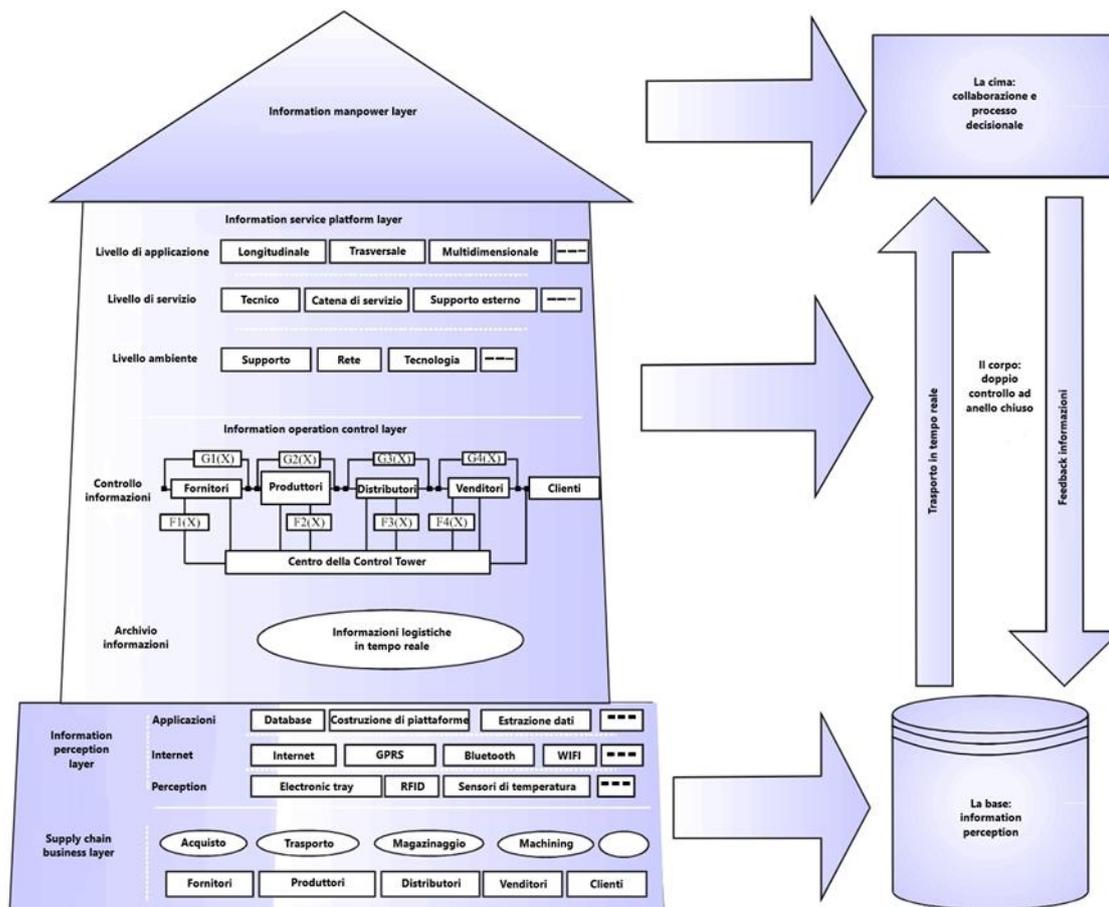


Figura 13: Sistema di Control Tower delle informazioni della supply chain

Di seguito sono spiegati in dettaglio i cinque strati dal basso verso l'alto:

- Supply chain business layer [29]: questo livello si trova nella parte inferiore alla base della Control Tower. È la base dell'intera supply chain e comprende i membri e i principali aspetti dell'attività della supply chain. Questo strato caratterizza principalmente le forme di business della supply chain e la legge sul trasferimento di massa. I membri della supply chain sono i fornitori di materie prime, i produttori, i fornitori di servizi logistici in outsourcing, i distributori, i rivenditori e gli utenti. I principali aspetti dell'attività della supply chain comprendono approvvigionamento, trasporto, deposito, carico e scarico, movimentazione, elaborazione, imballaggio, distribuzione, servizi di distribuzione e informazione.
- Information perception layer: è la parte superiore del livello situato alla base della torre ed è la zona di percezione della qualità della supply chain. Questo livello utilizza la tecnologia Internet of Things per ottenere il rilevamento e la

trasmissione in tempo reale della qualità della supply chain. La tecnologia Internet of Things è l'integrazione di mezzi di raccolta e trasmissione di informazioni tra cui RFID, tecnologia di codici a barre, GPS, tecnologia video, sensore di temperatura, sensore di umidità, cromatografi, GPRS, Blue Tooth. WIFI e altre tecnologie di trasmissione [30].

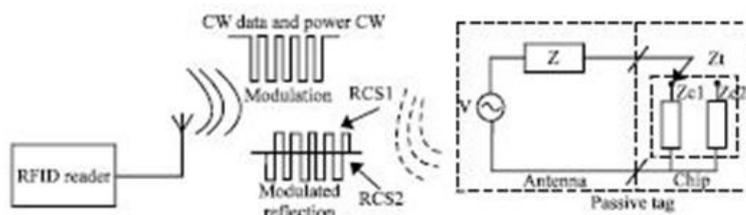


Figura 14: Sistema RFID backscatter passivo

Il sistema RFID backscatter è lo strumento principale per raccogliere informazioni nella Control Tower. Il funzionamento del tipico sistema RFID passivo backscatter include un lettore RFID e un tag RFID passivo, mostrato in Figura 14 [29]. Il tag passivo è costituito da un'antenna e da un chip di un circuito integrato specifico dell'applicazione, entrambi con impedenza complessa. Il chip ottiene i dati e l'alimentazione dal segnale in radiofrequenza (RF) trasmesso dal lettore RFID. Il tag restituisce i dati cambiando l'impedenza di ingresso tra due stati (Z_{c1} e Z_{c2}) e modulando così il segnale retrodiffuso. Il tag presenta una certa sezione trasversale radar (RCS) ad ogni stato di impedenza. Uno degli stati di impedenza è generalmente elevato (RCS1) e l'altro è basso (RCS2) per fornire una differenza significativa nel segnale retrodiffuso.

Con potenza e frequenza, la variazione dell'impedenza del chip può influire drasticamente sulle prestazioni del tag. In questo modo, un'adeguata corrispondenza dell'impedenza tra il chip e l'antenna è molto importante nei sistemi passivi RFID. Influisce direttamente sulle caratteristiche prestazionali del sistema RFID come la capacità di lettura. Di solito, al fine di massimizzare la capacità di lettura, l'impedenza dell'antenna viene adattata all'impedenza del chip al livello di potenza minima richiesto per il funzionamento del chip.

Lo scambio di dati tra tag e lettore può impiegare vari schemi di modulazione e codifica. Il segnale trasmesso sul collegamento ascendente contiene sia comandi a onda continua (CW) che modulati, come mostrato in Figura 14. Sul tag del lettore,

i dati vengono rinviati durante uno dei periodi CW in cui l'impedenza del tag modula il segnale retrodiffuso. Il sistema RFID backscatter passivo può essere prodotto a un prezzo favorevole, ma la capacità di lettura è fortemente limitata dall'efficienza complessiva del sistema. Le caratteristiche dell'antenna hanno un effetto radicale sulla capacità di lettura dei sistemi RFID [29].

- Information operation control layer [29]: è il livello inferiore del corpo della torre. Comprende due parti: la parte di memorizzazione delle informazioni della supply chain e la parte di controllo delle informazioni della supply chain. La parte di archiviazione può fornire informazioni totali per la parte di controllo. A loro volta, le parti di controllo possono trasmettere i risultati del controllo delle informazioni alla parte di memorizzazione. Pertanto, le due parti, insieme, hanno ottenuto la funzione di controllo principale della Control Tower.

Le informazioni hanno origine nel perception layer dell'Internet of Things alla base della torre. Le informazioni includono tutti i settori delle informazioni sulla qualità in tempo reale della supply chain: approvvigionamento, trasporto, stoccaggio, carico e scarico, distribuzione, qualità degli imballaggi e così via. È proprio come un pool di informazioni per metter insieme tutte le informazioni raccolte; inoltre può anche memorizzare le informazioni di controllo feedback.

La parte successiva è il cuore della torre; è la parte più importante della Control Tower. Il controllo feedback della qualità della supply chain è diviso in due livelli: il primo livello è orientato all'intera azienda e l'altro alle procedure operative interne:

- Primo livello - Modello logico del controllo feedback della qualità orientato al business: lungo il processo di avanzamento della supply chain, il modello può controllare la qualità del prodotto di ogni operatore. La deviazione del prodotto finale viene restituita alle singole società operative nella supply chain. Quindi il modello può formare il controllo feedback dell'intera catena.
- Secondo livello - Modello logico del controllo feedback della qualità orientato alle fasi operative interne: lungo il processo di avanzamento della supply chain all'interno di un'azienda, il modello può controllare la qualità del prodotto di ogni operatore all'interno dell'azienda. La deviazione della qualità

del prodotto finale viene restituita alle singole fasi operative nella supply chain. Quindi il modello può formare il controllo feedback dell'intera catena.

Nei due modelli, le funzioni di controllo delle informazioni di feedback sono la “casa” del controllo delle informazioni. Si stabilisce il sistema di indicatori di controllo delle informazioni dei vari componenti attraverso l'analisi del processo di informazione. Basandosi sul database di informazioni della Control Tower, la casa della qualità può trovare i corrispondenti collegamenti deboli. La casa della qualità proviene dallo sviluppo di funzioni di qualità (QFD). Può ottenere il controllo in tempo reale della qualità della supply chain principale. La parte principale della casa del controllo della qualità comprende alcune dimensioni delle informazioni: gli indicatori della domanda di qualità, i fattori che influenzano la qualità e il peso dei fattori che incidono.

Per garantire la qualità della supply chain, è molto importante eliminare sul nascere i problemi di qualità. Quindi il controllo della qualità delle materie prime è la principale preoccupazione della supply chain. Attraverso l'istituzione di una casa del controllo della qualità sugli aspetti di approvvigionamento, si possono trovare i difetti di qualità in modo tempestivo e correggerli.

- Information service platform layer [31]: è lo strato superiore al corpo della torre; è la piattaforma di servizi di informazione della qualità integrata che affronta tutti i collegamenti e gli argomenti della supply chain. In primo luogo, può archiviare centralmente e aggiornare dinamicamente le informazioni di qualità dal livello inferiore, in modo da implementare la trasparenza e la visualizzazione delle informazioni della qualità. In secondo luogo, può effettuare il monitoraggio in tempo reale delle informazioni complete sulla supply chain. Inoltre, la terza funzione della piattaforma è quella di ottenere una retrospettiva su tutti i problemi relativi alla qualità della supply chain e al controllo feedback.
- Information manpower layer [31]: questo livello si trova nella parte superiore della Control Tower; è il centro di controllo della manodopera della supply chain e il centro decisionale ed è responsabile del monitoraggio centralizzato della qualità del prodotto in ogni anello della supply chain. Questo strato ha mascherato il controllo generale delle informazioni di funzionamento, l'allerta tempestiva e il processo decisionale della supply chain.

Questo livello ha integrato un "hub di informazioni" che fornisce visibilità all'intera supply chain. Questi hub vengono utilizzati per la raccolta e la distribuzione di informazioni e consentono alle persone addestrate di utilizzare queste capacità di visibilità per rilevare e agire più rapidamente su rischi o opportunità. Ciò consente tre livelli di controllo di gestione [32]:

- Strategico - Fornisce il controllo sulla progettazione della rete globale della supply chain.
- Tattico - Abilita la pianificazione proattiva di approvvigionamento, operazioni e distribuzione in base alla domanda del mercato.
- Operativo - Comprende varie funzionalità in tempo reale tra cui la gestione dei trasporti, il monitoraggio dell'inventario e la gestione delle eccezioni.

3.6 Elaborazione dei dati in background della Control Tower

L'elaborazione dei dati in background è studiata per il supporto tecnico della Control Tower (Figura 6) [29]. I processi specifici sono i seguenti:

- Message processing logic: include i componenti di comunicazione dei messaggi per ottenere l'autenticazione dell'autorizzazione e servizi di scambio di dati per i soggetti della supply chain. Include componenti di comunicazione per messaggi e-mail, componenti di comunicazione per messaggi SMS e componenti di comunicazione per messaggi MQ.
- Data filtering logic: dopo aver archiviato i dati aziendali, il modulo di post-giudizio accede al database di informazioni rilevanti. Le informazioni su azione, stato, affari sono archiviate in base ai tipi di business. Quindi l'oggetto viene risolto nel pool di thread logici di analisi dei dati.
- Data parsing logic: è principalmente responsabile dell'elaborazione e dell'analisi approfondita dei dati. Per la gestione delle eccezioni, ad esempio, la logica riceve i dati dal processo di filtraggio e ottiene la formula anormale e i valori dei parametri nella formula. Se i risultati mostrano la necessità di tracciabilità e problemi di richiamo, è possibile inserire la tracciabilità e richiamare il modulo logico di elaborazione a thread doppio.

- Information control logic:
 - Information control single-thread logic: i risultati analitici sono ottenuti dalla logica di elaborazione dei dati. Quindi chiama la funzione di controllo delle informazioni e memorizza i risultati del controllo nel record del database. Il loop può essere controllato dinamicamente per ottenere un intervallo di deviazione delle informazioni accettabile.
 - Traceability dual-threaded logic: i risultati vengono ricevuti dal pool di thread della logica di elaborazione dei dati e richiama la funzione di tracciabilità e tracking; non solo rintraccerà i problemi all'origine della supply chain, ma richiederà anche il prodotto e memorizzerà i risultati nel database di tracciabilità. Quindi i miglioramenti vengono misurati in base alla situazione specifica.

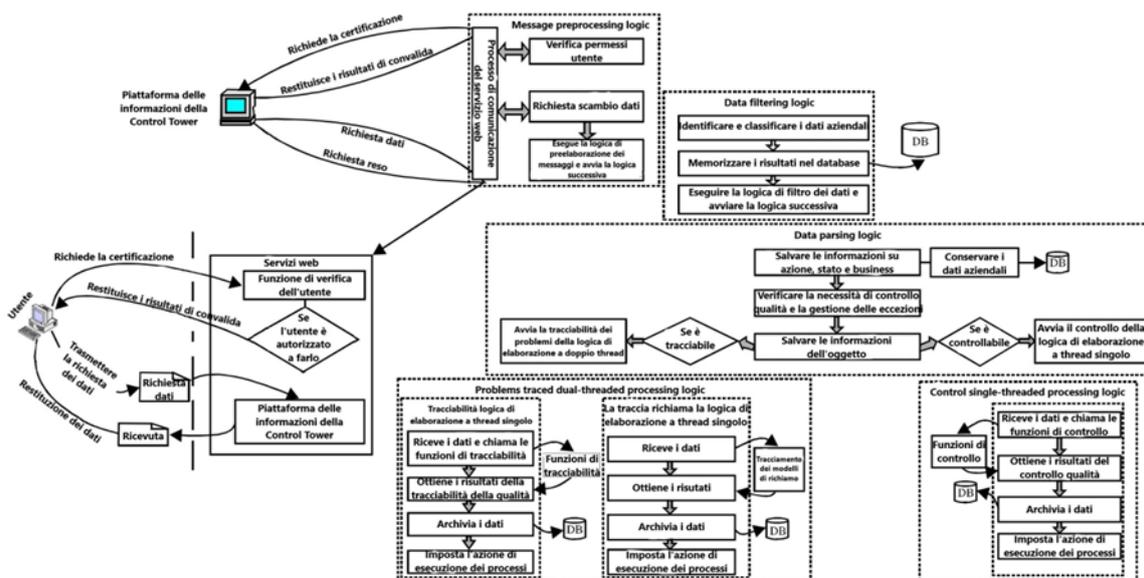


Figura 15: Sistema di elaborazione dati in background di una Control Tower

3.7 Modelli di Control Tower esistenti

In questo capitolo sono descritte alcune Control Tower realizzate da società logistiche e da società di consulenza sia operativa che strategica che trattano questo tema.

3.7.1 La Control Tower di Board

Board [XXIV] è un'azienda che sviluppa piattaforme software di supporto alle decisioni e i suoi punti forti riguardano soluzioni unificate di Business Intelligence, Performance Management e analisi predittiva. Tra le varie piattaforme software che sviluppa, Board si occupa anche della Control Tower.

Board funge da Control Tower digitale, garantendo la piena visibilità sull'intera supply chain aziendale, fornendo informazioni dettagliate e capacità di simulazione sui driver delle performance e monitorando l'efficacia attraverso ogni processo.

Supera i limiti della logica a silos adottando un approccio alla supply chain basato su "hub" grazie a una Control Tower che collega tutti i processi della filiera.

- Migliora la trasparenza delle informazioni – Si ottiene la piena visibilità dell'intera supply chain aziendale e tutte le operazioni sono tenute sotto controllo, dalla porta del fornitore alla porta del cliente.
- Si ottiene una integrazione completa, end-to-end - Aumenta l'integrazione orizzontale attraverso tutti i processi della supply chain aziendale, come l'approvvigionamento, la produzione, i processi di magazzino, la distribuzione e la logistica, nonché l'integrazione verticale, dall'analisi alla pianificazione e all'esecuzione
- Promuove la collaborazione - Crea un hub aperto in cui attori interni e stakeholder esterni - come fornitori, produttori a contratto, vettori di trasporto e operatori logistici - trovano un riferimento comune e possono condividere informazioni significative.
- Prevede le potenziali criticità – Prepara l'azienda agli eventi inattesi che possono accadere nella supply chain e nell'ecosistema dei partner aziendali, identificando l'impatto di potenziali interruzioni e stabilendo azioni correttive preventive.
- Gestisce l'insorgenza di segnali deboli o disallineamenti effettivi - Trae vantaggio da un ambiente in cui ogni segnale debole, eccezione o discrepanza viene rilevata e il loro impatto sui processi e sugli obiettivi della supply chain viene misurato con precisione.

- Valuta la migliore soluzione grazie alla simulazione - Esegue analisi what-if con diversi scenari per differenti soluzioni, opzioni e alternative, attenendosi allo scenario che riduce al minimo l'impatto negativo sull'efficienza della supply chain.

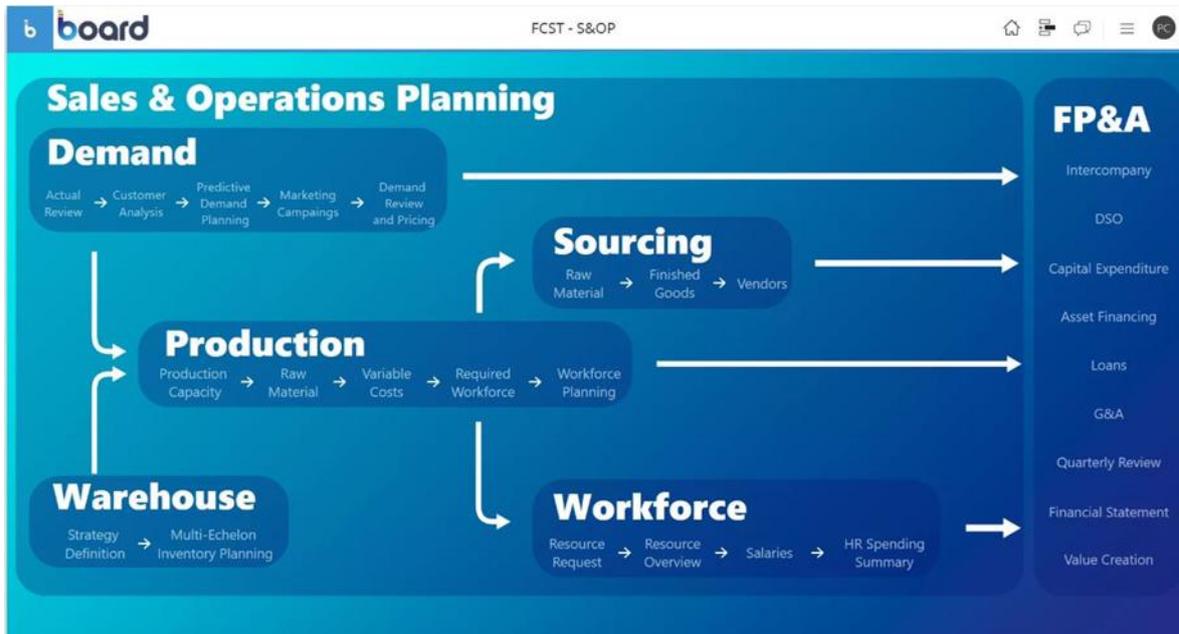


Figura 16: Schema delle vendite e delle operazioni

3.7.1.1 Caso Parrot

Parrot [XXV] è un'azienda high-tech inizialmente focalizzata sulle soluzioni di comunicazione a mani libere per veicoli; l'azienda si è poi diversificata per diventare il principale produttore di droni di consumo in Europa e il secondo più grande al mondo.

I droni di Parrot sono noti per le loro elevate prestazioni e facilità d'uso, e oltre agli scopi ricreativi hanno una vasta gamma di applicazioni tra cui: il monitoraggio agricolo; la mappatura 3D, il rilievo e l'ispezione; difesa e sicurezza. Sono progettati e ingegnerizzati in Europa e offrono funzionalità come le telecamere termiche che possono essere utilizzate per assistere l'ingegneria civile e i vigili del fuoco.

Da quando sono stati lanciati sul mercato i droni di consumo, c'è stata un'esplosione nella loro popolarità; l'azienda vuole sfruttare questo trend facendo crescere le sue attività in Asia e negli Stati Uniti.

Il responsabile della produzione e della logistica di Parrot ha spiegato i motivi per cui necessitavano di una Control Tower: essendo un mercato molto rapido e imprevedibile, la variabilità delle vendite è molto elevata, in particolare per l'alta stagionalità dei prodotti,

poiché i consumatori tendono ad acquistare di più durante le vacanze. La visibilità del portafoglio ordini è limitata - di solito un massimo di un mese - e il tempo di consegna per alcuni componenti chiave è estremamente lungo. A volte possono essere necessarie fino a 12 settimane, il che può causare un ritardo di quattro mesi nella produzione di un drone, quindi bilanciare l'offerta e la domanda può essere complicato. Bisogna aggiungere a ciò la rapida obsolescenza di alcuni componenti elettronici e il rilascio di nuove versioni che richiedono test; il tutto crea una complessa operazione logistica.

Per superare queste sfide di pianificazione, Parrot ha lanciato un progetto per aumentare la visibilità e promuovere l'efficienza lungo tutta la supply chain. I suoi obiettivi principali erano:

- Migliorare la visibilità della supply chain a medio e lungo termine
- Migliorare il coordinamento tra Parrot e il suo fornitore di componenti elettroniche (EMS) conciliando meglio il piano di vendita e la capacità dell'EMS di fornire il prodotto
- Migliore controllo delle scorte, nonché dei flussi internazionali di scorte dal EMS agli hub di distribuzione regionali di Hong Kong, Europa e Stati Uniti
- Fornire un set di dati univoco condiviso da tutti

I criteri di Parrot riguardavano una piattaforma in grado di fornire una visibilità completa della supply chain. Doveva unificare i dati di vendita e operativi per creare un approccio integrato che avrebbe consentito il costante adeguamento dell'attività operativa in linea con la domanda e i cambiamenti nella strategia aziendale.

La piattaforma decisionale di Board che è stata scelta per fungere da Control Tower della supply chain, combina le capacità di analisi, simulazione, pianificazione e previsione in un'unica interfaccia. Questa soluzione presenta:

- Uno strumento di calcolo DRP collegato a diverse fonti di dati tra cui merci in transito, arretrati, livelli di scorte e pianificazione della produzione in collaborazione con il fornitore
- Calcoli regolabili manualmente che tengono conto dei trasferimenti tra magazzini
- La capacità per gli utenti finali di sviluppare più scenari in parallelo
- Un processo a fasi, controllato da flussi di lavoro che contengono controlli di convalida per impedire modifiche non autorizzate

- Un registro storico accurato di tutti i dati, che offre visibilità per diversi mesi

Il processo end-to-end è ora gestito tramite un flusso di lavoro in sette fasi, creando un controllo completo sul processo di pianificazione e revisione. È stata raggiunta la piena visibilità dell'intera supply chain - dalle merci in produzione o in transito, all'attività del centro logistico, alle cifre delle vendite e alle vendite previste - rendendo molto più semplice la comprensione degli attuali livelli delle scorte, vedere quando potrebbe essere necessario rifornire le merci e pianificare aspetti logistici come metodi di trasporto e requisiti di conservazione.

3.7.2 La Control Tower per Accenture

Accenture [XXVI] è una multinazionale di consulenza strategica, servizi tecnologici e esternalizzazioni. L'organizzazione interna è basata su 4 aree di business: Strategy & Consulting, Interactive, Technology e Operations. La società svolge anche attività di riprogettazione dei processi aziendali nelle aree finanza, contabilità e controllo di gestione.

Una Control Tower della supply chain offre ai leader del settore dell'alta tecnologia la possibilità di creare una supply chain orizzontale, aumentare l'allineamento organizzativo e migliorare l'agilità attraverso un processo decisionale più dinamico.

Non è facile gestire una supply chain nell'ambiente commerciale globale di oggi. I dirigenti devono soddisfare molte esigenze per aumentare la redditività della supply chain e supportare i requisiti di crescita aziendale; devono affrontare un universo di dati in espansione, gestendo al contempo sicurezza e rischi della supply chain e bilanciando le aspettative dei clienti.

Anche le aziende high-tech devono affrontare alcune sfide uniche per il loro settore. Stanno gestendo una supply chain estesa con significative complessità nei flussi inviati e ricevuti rispetto alle aziende di altri settori.

Una società di vendita al dettaglio, ad esempio, principalmente riceve merci che fluiscono attraverso l'inventario e sono vendute attraverso canali sul mercato. Al contrario, un'azienda high-tech deve gestire la rigenerazione del prodotto, che crea quindi una supply chain aggiuntiva attorno allo stoccaggio, alla gestione delle parti, alla

pianificazione, agli standard di ristrutturazione e alla gestione del ciclo di vita del prodotto e delle riparazioni, spesso per anni dopo la vendita iniziale del prodotto al cliente.

Molte aziende high-tech hanno problemi con la supply chain, tra cui:

- Mancanza di integrazione orizzontale
- Insufficiente visibilità dell'inventario a causa di strutture organizzative ridotte al minimo
- Impossibilità di allineare la domanda ai piani di offerta
- Agilità limitata/incapacità di agire per risolvere problemi
- Mancanza di capacità di riassegnare l'inventario
- Insufficienti capacità analitiche: difficoltà nel trarre metriche delle prestazioni; ridotta precisione delle previsioni; incapacità di aggregare dati significativi su cui agire; difficoltà nel modellare le implicazioni in termini di costi delle decisioni aziendali.

Il risultato di questi sintomi riscontrati dalle imprese ha un impatto negativo sui profitti. Le entrate soffrono di costanti esaurimenti, sconti e rendimenti eccessivi. I problemi del servizio clienti aumentano, con conseguente peggioramento delle prestazioni in quanto i clienti non ricevono i loro ordini in tempo o per intero. Significativi problemi di costo riguardano la distribuzione, il trasporto, i tempi rapidi, l'obsolescenza e il costo dei beni venduti (COGS) per la supply chain.

In particolare, sono necessarie tre serie di capacità per affrontare queste sfide e far funzionare senza problemi la supply chain delle aziende high-tech:

1. Collaborazione e orchestrazione della supply chain orizzontale: è necessaria la collaborazione di partner interni ed esterni attraverso la catena del valore end-to-end per consentire un servizio più efficace. La stretta integrazione interna ed esterna consente alle organizzazioni di sfruttare i punti di forza dei partner della supply chain, ottimizzare i costi end-to-end della supply chain e aumentare la velocità sul mercato.
2. Talento centralizzato efficace e allineamento organizzativo: per gestire sfide complesse nella supply chain sono necessarie competenze critiche. A causa della scarsità di talenti, è fondamentale centralizzare le abilità critiche e sfruttarle a livello regionale o globale in modo efficace.

3. Processo decisionale dinamico e maggiore agilità: le supply chain di successo devono avere un modello operativo e una strategia che siano agili, che determini rapidamente le cause alla radice, modellino le risposte potenziali e consentano processi decisionali basati sui dati con rapidità.

Storicamente queste capacità si sono rivelate difficili da abilitare efficacemente con la tecnologia e le strategie tradizionali della supply chain. Una Control Tower della supply chain, d'altra parte, promette di sfruttare queste capacità e nuove tecnologie, offrendo ai leader la possibilità di creare una supply chain orizzontale, migliorare l'efficacia del talento e l'allineamento organizzativo e aumentare l'agilità attraverso un processo decisionale dinamico.

Una Control Tower della supply chain è una capacità di servizio condivisa che monitora e dirige le attività lungo la supply chain end-to-end per renderla collaborativa, allineata, agile e orientata alla domanda.

Le Control Tower riuniscono le capacità necessarie per gestire complesse supply chain end-to-end e aiutano a combattere la crescente volatilità, complessità e incertezza. Consentono l'integrazione dei processi e degli strumenti della supply chain nei silos, riunendo grandi quantità di dati a supporto del processo decisionale strategico. Le Control Tower mirano a migliorare i costi, l'inventario, la qualità, il servizio clienti e l'utilizzo delle risorse; supportano anche un quadro integrato di visibilità in tempo reale, analisi delle cause alla radice che consente una risposta rapida e un miglioramento continuo dell'esecuzione del processo. Le Control Tower della supply chain sono supportate da tre serie di tecnologie:

- Tecnologie dei partner della supply chain: comprendono ERP, pianificazione e ottimizzazione, gestione dei trasporti e del magazzino. Queste tecnologie rendono disponibili numerosi dati sulle operazioni lungo la supply chain end-to-end.
- Tecnologie basate su cloud: sono emerse nuove tecnologie che consentono di collegare tutti i nodi lungo la supply chain end-to-end, indipendentemente dalla piattaforma di esecuzione sottostante. Queste tecnologie basate su cloud stanno riducendo drasticamente i costi, la complessità e il time-to-value dell'integrazione interaziendale.

- Analisi: i progressi nell'analisi stanno consentendo alle organizzazioni di sfruttare l'enorme quantità di dati raccolti e collegati lungo la supply chain.

L'implementazione di una Control Tower della supply chain è un percorso in cinque fasi, mentre le organizzazioni si spostano verso una rete di valori end-to-end basata sulla domanda. I leader della supply chain possono decidere di attuare alcune di queste fasi per raggiungere risultati rapidi e intermedi o pianificare un viaggio pluriennale di cambiamento.

- Fase 1 – Visibilità: questa fase si concentra su correzioni reattive, fornendo visibilità agli eventi con interruzioni minime delle operazioni quotidiane.
- Fase 2 - Integrazione: i team creano progetti per integrare processi e tecnologia dell'informazione. Questa è una fase in cui l'eccellenza funzionale alla guida può essere bilanciata con compromessi.
- Fase 3 - Monitoraggio delle prestazioni: man mano che si passa alla fase 3, la Control Tower consente il processo decisionale interfunzionale, lo sviluppo di analisi "what-if" di base e la gestione di indicatori di prestazioni chiave funzionali. È qui che un'organizzazione può progettare la supply chain con modelli di business dinamici. In un ambiente in cui tutto sta cambiando rapidamente, diversi segmenti della supply chain richiedono un trattamento completamente diverso che porti soluzioni a livello operativo.
- Fase 4 - Processi orizzontali: man mano che i progetti vengono eseguiti e completati, inizia la fase 4 e la Control Tower diventa un processo end-to-end, guidato dalla domanda, che si sposta dalla gestione dei silos con funzioni verticali ai processi orizzontali. La progettazione di una supply chain a lungo termine e la progettazione aziendale con un approccio graduale all'implementazione promuovono l'eccellenza del processo end-to-end e consentono la visibilità degli indicatori chiave di prestazione dei risultati del processo.
- Fase 5 - Rete sincronizzata: nella fase finale, un'organizzazione ha realizzato una rete di valori sincronizzata e orientata alla domanda. In questa fase, vi è una valutazione continua del valore a livello di attività e all'interno dell'organizzazione. Analisi complesse possono essere condotte per ottimizzare il valore e l'azienda è in grado di gestire il valore e la redditività dell'azienda.

3.7.2.1 Caso Dell

Il colosso high-tech Dell, ad esempio, ha adottato un concetto di Control Tower che funge da centro di comando per la consegna di parti e assistenza. Ha aiutato Dell a lavorare più da vicino con i suoi fornitori di servizi e ad essere più proattiva quando si tratta di assistenza ai clienti, rafforzando così la fidelizzazione dei clienti.

In ciascun centro di comando, gli esperti in varie aree tematiche monitorano attentamente gli sviluppi del servizio e dirigono i fornitori di servizi Dell. Un centro di comando, ad esempio, è composto da esperti che siedono su console informatiche organizzate in stile auditorium, in modo che possano vedere una serie di enormi schermi montati a parete che mostrano richieste di servizio, mappe, notizie, meteo e altri feed di informazioni in tempo reale. Il personale dei cinque centri di comando monitora le richieste di assistenza dai clienti. Oltre a offrire assistenza telefonica, indirizzano i pezzi di ricambio da oltre 600 depositi in tutto il mondo e, se necessario, inviano i tecnici al sito di un cliente. La visibilità della supply chain in tempo reale svolge un ruolo chiave nel garantire la capacità di Dell di rispondere rapidamente alle richieste dei clienti.

3.7.2.2 Caso ETS

ETS, leader nel campo delle misure di valutazione, ha utilizzato una Control Tower della supply chain per contribuire a creare un nuovo modello di supply chain. Lavorando con Accenture, il team di sviluppo ha sfruttato il software personalizzato e standardizzato per previsioni, pianificazione delle scorte, pianificazione e schedulazione della produzione, magazzino e trasporto, e monitoraggio delle spedizioni per costruire una Control Tower di pianificazione e realizzazione.

Il concetto di Control Tower ha permesso ad ETS di migliorare significativamente il controllo, l'accuratezza e l'integrità delle sue operazioni con una capacità di gestione della supply chain end-to-end. Questi miglioramenti stanno anche aiutando ETS a conquistare nuove attività nei mercati target. ETS sta beneficiando di livelli di servizio garantiti per la prima volta nella sua storia; ha anche registrato un miglioramento delle percentuali di ottenimento dei clienti, portando le vendite globali a oltre \$ 100 milioni. Inoltre, ETS beneficia di livelli di servizio garantiti, ottenendo così un livello costante di affidabilità e una struttura dei costi prevedibile per la sua supply chain.

Con la visibilità end-to-end della Control Tower, che fornisce efficienti operazioni di pianificazione e realizzazione, ETS sta raggiungendo un'accuratezza superiore al 99,5% nelle aree operative chiave. La società è anche riuscita a ridurre i costi di stampa del 16 per cento (conseguentemente risparmiando \$ 3,8 milioni di risparmi) e i costi di trasporto del 24 per cento (con un conseguente risparmio di \$ 4 milioni). Sono stati inoltre realizzati miglioramenti nell'efficacia della forza lavoro, compreso un aumento del 25 per cento della produttività del magazzino.

3.7.3 La Control Tower di Kuehne+Nagel

Le supply chain globali di oggi sono diventate sempre più complesse e frammentate. I mercati sono volatili, la concorrenza è intensa e i clienti sono sempre più esigenti. Gli esperti di Control Tower della Kuehne+Nagel (KN) [XXVII] sviluppano, implementano e gestiscono soluzioni che ottimizzano la supply chain per renderla snella, agile e orientata alla domanda.

La gestione della logistica in outsourcing dà l'opportunità di concentrare tempo e risorse sul core business. La KN progetta e gestisce soluzioni end-to-end che semplificano la supply chain durante la realizzazione, la consegna e l'assistenza dei prodotti, facilitando una risposta rapida e generando valore reale a lungo termine.

La Control Tower KN unisce l'esperienza nel settore, le risorse logistiche e la tecnologia innovativa per fornire un coordinamento di rete essenziale che offre una migliore visibilità del flusso di merci, dati e pagamenti. Ciò consente di ottimizzare i costi operativi logistici, i tempi di consegna e i livelli di inventario.

Ecco alcuni dei servizi chiave che offre la Control Tower di KN:

- Esecuzione dell'ordine - integrazione dei dati dell'ordine facile da configurare, flessibile, sicura e affidabile - riduzione dei costi di gestione
- Gestione dei trasporti - spedizioni pianificate e ottimizzate e comunicazione semplificata tra tutte le parti
- Gestione dell'inventario: miglioramento dell'inventario di magazzino e trasporto
- Visibilità e monitoraggio: trasparenza della supply chain in tempo reale per migliorare i livelli di servizio e la tracciabilità

- Liquidazione del trasporto - gestione accurata e affidabile delle attività di fatturazione, verifica e pagamento
- Gestione di richieste e deviazioni: livelli di servizio massimizzati attraverso il monitoraggio delle richieste e la gestione degli incidenti



Figura 17: Gestione end-to-end in tutta la supply chain

I centri di controllo logistico forniscono servizi di gestione modulari a valore aggiunto attraverso le supply chain, servendo sei principali mercati verticali con soluzioni integrate.

- Aerospaziale
- Settore automobilistico
- Consumatore
- Industriale
- High Tech
- Farmacia e salute

Di seguito sono elencati i servizi offerti dalla Control Tower di KN:

- Gestione aziendale
- Gestione dei partner logistici
- Miglioramento continuo
- Analisi dei clienti
- Esecuzione dell'ordine
- Gestione dei trasporti
- Insediamento merci
- Gestione delle scorte
- Gestione richieste e deviazioni

- Visibilità e monitoraggio
- Supporto per sistemi aziendali
- Rapporto e monitoraggio delle prestazioni

I vantaggi derivanti dall'utilizzo di una Control Tower sono:

- Maggiore trasparenza e controllo attraverso un unico punto di contatto
- Costi di trasporto, sdoganamento, magazzinaggio, gestione e relativi ai fornitori ottimizzati
- Livelli di inventario ridotti
- Miglioramento continuo della supply chain
- Maggiore visibilità, velocità e produttività tramite sistemi di informazione integrati e all'avanguardia
- Tempi di risposta più rapidi alle esigenze aziendali in evoluzione grazie a una maggiore flessibilità e adattabilità ai cambiamenti
- Aumento dell'efficienza tramite la rete logistica globale
- Livelli di servizio migliorati e creazione di valore a lungo termine
- Scalabilità dei sistemi della supply chain e soluzioni di gestione che consentono una rapida implementazione in nuove (e multiple) posizioni

3.8 Esempio applicativo

3.8.1 Metodo di ricerca

Il seguente esempio applicativo è stato sviluppato da Anna Trzuskawska-Grzesińska nell'elaborato "Control Towers in Supply Chain Management - Past and Future" pubblicato sul Journal of Economics and Management 27.27 (2017): 114-33 [27].

Le aziende studiate operano nel settore dell'alta tecnologia e sono presenti sui mercati globali. Tuttavia, rappresentano diversi livelli nelle catene di approvvigionamento e svolgono ruoli diversi. Le società hanno creato le loro Control Tower della supply chain. Di seguito saranno chiamate "Azienda A", "Azienda B" e "Azienda C".

Le principali fonti di informazione sono state: la formazione interna e le presentazioni del progetto riguardanti gli obiettivi, l'organizzazione, i processi e gli strumenti della Control Tower forniti dalla direzione e/o disponibili su Internet. Inoltre, ci sono state quattro

interviste approfondite condotte con alti dirigenti responsabili delle organizzazioni della supply chain e in due casi in particolare i capi delle Control Tower.

I materiali di origine e le interviste hanno indicato le informazioni relative alle torri di controllo presentate nella Tabella 3 di seguito.

Le informazioni raccolte	Azienda A	Azienda B	Azienda C
Mercato in cui operano le aziende	Telecomunicazioni	Elettronica	Logistica
Funzionamento delle aziende	Provider di soluzioni di rete per telecomunicazioni che gestisce la supply chain integrata. L'outsourcing di tutta la sua produzione e la relativa gestione dei fornitori sono diventati responsabili dell'orchestrazione di una supply chain multilivello estesa	Fornitore di livello mondiale di soluzioni per la supply chain inversa end-to-end ad alcuni dei principali OEM e ODM del mondo	Fornitore di servizi semplici, efficienti e controllabili: gestione dei trasporti, gestione del magazzino e gestione dei dati
Prodotti e servizi delle aziende	Soluzioni per operatori di telecomunicazioni, governi e imprese: reti mobili, reti fisse, reti IP/ottiche, applicazioni e analisi	Servizi post-vendita per apparecchiature elettroniche di consumo (telecomunicazioni e computer): raccolta, riparazione e consegna di apparecchiature elettroniche + call center	Servizi logistici per l'elettronica, l'industria automobilistica, l'elettronica medica, ecc.: 4PL, spedizioni, magazzinaggio, servizi a valore aggiunto e deposito di pezzi di ricambio importanti a livello globale
Mercati della domanda dell'azienda	Mercato globale	Mercato globale	Mercato globale
Mercati di approvvigionamento delle aziende	Globale - principalmente paesi di provenienza a basso costo	Globale - determinato principalmente dai clienti	Mercato globale - fornitori di servizi logistici
Partner della supply chain delle aziende	EMS, produttori di sub-assemblaggi e soluzioni pronte OEM, fornitori di componenti, società di servizi di installazione, fornitori di servizi logistici, società di servizi	Fornitori di pezzi di ricambio, sedi di altre società, ad es. magazzino centrale EMEA, gestori, fornitori di servizi logistici, clienti, consumatori (noto come supply	Società di trasporto, agenti di deposito, dogane, agenti doganali, i nostri clienti, la camera di commercio e una compagnia di assicurazioni sui

		chain inversa)	trasporti
Background delle aziende	Originariamente produttore di apparecchiature per telecomunicazioni; dopo, molte transizioni, esternalizzazione, fusioni e acquisizioni, nonché spin-off	Originariamente EMS (Electronic Manufacturing Services); dopo, molte transizioni, insourcing, fusioni e acquisizioni	La società di trasporto e spedizione originariamente con sede in Europa, è cresciuta dopo un intenso sviluppo attraverso partnership strategiche a livello globale
Control Tower definite nelle supply chain	Control Tower globale creata come organizzazione c.a. 16 anni fa	Previste tre Control Tower regionali, una implementata in Europa con alcuni servizi anche per gli Stati Uniti	Una Control Tower che controlla tutti i processi globali e i partner; istituita c.a. 10 anni fa

Tabella 3: Caratteristiche delle aziende oggetto della ricerca

Le tre società descritte nella Tabella 3 sono state studiate al fine di comprendere le pratiche delle Control Tower dell'offerta, nonché le direzioni future del loro sviluppo e le tendenze future identificate dagli intervistati (Management).

3.8.2 Le pratiche passate della Control Tower

Le società oggetto della ricerca hanno creato le loro Control Tower della supply chain come risposta a una specifica esigenza aziendale, e gli scopi delle loro attività erano diversi e adeguati alle esigenze attuali. Nel caso della società "A", la diffusa carenza di condensatori al tantalio che ha dovuto affrontare l'industria nella seconda metà del 2000, ha portato il capo dell'ufficio acquisti globale a creare un'organizzazione "Control Tower globale" per misurare, consolidare e gestire la pianificazione della domanda in tutte le strutture dell'azienda in tutto il mondo [33]. Nel caso della società "B", nel 2007 è stata creata la prima organizzazione della Control Tower come soluzione dedicata per un nuovo progetto di un cliente. A quel tempo, le attività chiave si concentravano sul monitoraggio di alcune migliaia di spedizioni al mese, rilevando le eccezioni e quindi chiamati casi di "no attività". Nel caso della società "C", l'organizzazione della Control Tower è stata creata una decina di anni fa. La società di trasporti e spedizioni ha iniziato a costruire una presenza globale attraverso molti partner logistici, pur avendo una sola organizzazione

locale nei Paesi Bassi. Avevano bisogno di un team e di processi dedicati per raccogliere dati da molti partner geograficamente distribuiti e reagire in caso di eccezioni ai processi desiderati e ai suoi parametri, ad es. tempi di consegna, costi.

In tutti e tre i casi, secondo l'opinione degli intervistati e delle fonti secondarie, le organizzazioni Control Tower della supply chain hanno apportato valore aggiunto alle società e hanno prodotto i risultati previsti nei progetti per i quali erano stati istituiti. Ad esempio, la società "A" dopo aver introdotto una nuova organizzazione di gestione della supply chain, inclusa la Control Tower, ha ridotto il suo inventario disponibile da oltre 7 miliardi \$ a meno di 3 miliardi \$ prima del 2002, e nel 2003 l'inventario era appena di 1 miliardo \$. Ha migliorato il controllo delle spese in contanti, portandole da 2,2 miliardi \$ al trimestre a 130 milioni \$. Nello stesso periodo, la società "A" ha dimezzato il numero totale di fornitori, da circa 3.000 a meno di 1.500 [34].

Di conseguenza sono state sviluppate le Control Tower; hanno costruito strutture organizzative con responsabilità, processi e obiettivi aziendali definiti. La società "A" ha creato l'interfaccia per i team di vendita tramite pianificatori della domanda globale all'interno del team della Control Tower globale, quindi si è concentrata sul coordinamento centrale della pianificazione e dell'esecuzione dell'offerta. L'organizzazione consisteva in pianificatori appositamente formati, responsabili della guida di un piano di approvvigionamento fattibile (disponibilità di materiale e capacità), coordinando gli acquisti e la produzione per realizzare il piano di approvvigionamento e gestire l'inventario. Il concetto Control Tower dell'azienda "A" presupponeva quattro meccanismi di coordinamento tra: elaborazione degli ordini, gestione della domanda, acquisti di materiale, pianificazione della produzione. A seguito di importanti fusioni e acquisizioni nel 2006 e nel 2016, l'intera organizzazione è stata rimodellata due volte e completamente riprogettata.

L'organizzazione Control Tower della supply chain della società "B" si concentra sui flussi di spedizioni piuttosto che sui flussi di domanda e di offerta (come avviene presso la società "A"). Esistono tre ruoli di lavoro di base: supervisore, analista e operatore. Gli analisti si concentrano su: analisi delle metriche chiave delle prestazioni di rete, analisi degli errori, miglioramenti dei processi, reportistica ad hoc, partner di supporto QBR (Quality Business Review). Gli operatori si concentrano su: gestione delle eccezioni,

gestione dei casi, gestione dei reclami, interfacce dei partner, ad es. operazioni 3PL, operazioni di riparazione. La funzione del supervisore è gestire l'organizzazione Control Tower.

La Control Tower dell'azienda "C" si concentra anche su spedizioni e inventario, compresi i servizi a valore aggiunto. La Control Tower monitora tutte le spedizioni da vicino e in modo proattivo, 24 ore al giorno e 7 giorni alla settimana. Un dipartimento interno del fornitore di servizi logistici monitora le spedizioni e le gestisce in modo proattivo. La Control Tower è disponibile in ogni momento e si concentra sull'identificazione di anomalie nel processo di consegna, al fine di intervenire immediatamente ove necessario. L'organizzazione si basa su una funzione denominata agente della Control Tower, che è responsabile di: controlli integratori (spedizioni TNT, UPS, FedEx, DHL), controlli non integratori (groupage), monitoraggio dei pezzi di ricambio critici, controllare la posizione di archiviazione della merce in entrata, supportare la gestione della reattività dei ticket, alcune attività di back-office.

In generale, le Control Tower della supply chain sono responsabili del monitoraggio dei processi, della misurazione, della valutazione, delle azioni correttive e preventive, della risposta ai ticket e/o ai problemi dei clienti e della segnalazione alle organizzazioni dei partner interni ed esterni per avviare i processi di miglioramento. Il meccanismo di controllo si basa sugli indicatori chiave di prestazione (KPI). La seguente tabella 4 presenta i KPI implementati nelle organizzazioni oggetto della ricerca.

Azienda	A	B	C
Processo	Consegna	Prestazioni end-to-end	Prestazioni di comunicazione
KPI implementati	<ul style="list-style-type: none"> • Prestazioni consegna • Affidabilità consegna • Confirmed Line Item Performance (CLIP) • Requested Line Item Performance (RLIP) 	<ul style="list-style-type: none"> • Ritardi logistici • Mancanza di ritardi • Ritardi nella linea di riparazione • Prestazioni puntualità trasportatori • Reports settimanali sui volumi 	<ul style="list-style-type: none"> • Risposta ai ticket dei client • Call center • Disponibilità
Processo	Operazioni	Operazioni di servizio	Prestazioni di consegna/spedizione
KPI implementati	<ul style="list-style-type: none"> • Lead time 	<ul style="list-style-type: none"> • Ri-riparazione 	<ul style="list-style-type: none"> • Prestazioni

	dell'ordine <ul style="list-style-type: none"> • Tempo di produzione • Rispetto della produzione programmata 	<ul style="list-style-type: none"> • Nessun problema riscontrato • Utilizzo delle parti 	puntualità trasportatori e clienti
Processo	Gestione dell'inventario		Auto-produttività della Control Tower
KPI implementati	<ul style="list-style-type: none"> • Turnover del magazzino/Copertura a magazzino • Scorta stagionale /scorta bloccata 		<ul style="list-style-type: none"> • Numero di eccezioni non ancora coperte

Tabella 4: KPIs implementati nelle Control Tower

Ogni Control Tower utilizza KPI, tuttavia sono allineati con l'obiettivo della Control Tower. Nei tre casi analizzati i KPI sono diversi in quanto le tre Control Tower si concentrano su processi e aree diverse della supply chain. Tuttavia, tutti gli indicatori chiave di prestazione misurano i parametri di processo correlati, direttamente o indirettamente, a tempo, costi e soddisfazione del cliente.

Lo studio condotto ha mostrato che le funzioni primarie della Control Tower potevano essere focalizzate sul controllo di:

- prestazione della fornitura base
- processi di conversione
- equilibrio tra domanda e offerta
- logistica in entrata
- logistica in uscita
- approvvigionamento

In tutti i casi analizzati, le Control Tower della supply chain sono state supportate da una soluzione IT dedicata, che consente l'integrazione e il coordinamento, nonché l'orchestrazione dei partner nei processi operativi. Nel caso della società "A", è stato sviluppato un portale della supply chain. La missione definita per quel portale era rendere la supply chain più flessibile ed efficiente sfruttando la strategia, i processi e la tecnologia che sono integrate dalle organizzazioni dell'azienda, dai partner commerciali e dagli e-

commerce per creare in tempo reale visibilità globale e controllo decisionale sulla supply chain virtuale [35].

La società "B" ha implementato un sistema chiamato LOGIXS, che è uno strumento progettato per gestire tutte le spedizioni che la Control Tower stava gestendo e per garantire che le soluzioni in tempo reale fossero fornite nella catena logistica dei servizi per raggiungere il massimo livello di soddisfazione del cliente. La soluzione basata su scansioni del corriere, assicura: disponibilità di aggiornamenti automatici proattivi via e-mail e/o sms; comunicazione con il corriere per la risoluzione delle eccezioni così come per gli agenti del call center del cliente; segnala tempestivamente le eccezioni che possono influire sul TAT del cliente e li segnala alla Control Tower. Attualmente, le Control Tower dell'azienda "B" sono supportate da una rete di strumenti IT. Oltre a LOGIXS viene utilizzato uno strumento chiamato iKnow, che fornisce metriche personalizzate (KPI) disponibili per il cliente tramite un collegamento Web online. La Control Tower è inoltre supportata da TRAX (un sistema informatico utilizzato nella distribuzione per la stampa di etichette, collezioni, screening di parti negatte, gestione delle licenze, documenti commerciali). Una fonte di informazione di supporto è SL (sistema ERP) con funzionalità dedicate per i servizi post-vendita nella supply chain inversa.

La società "C" utilizza uno strumento chiamato Klairy, un esclusivo sistema WMS/TMS costruito internamente, che forniva i cosiddetti cartelloni (billboards) basati sulla gestione delle eccezioni. In altre parole, i cartelloni mostravano solo quelle spedizioni che avrebbero potuto richiedere attenzione perché uno stato era errato, mancava una data di scadenza, si notava una scansione delle eccezioni dal corriere, ecc. Klairy è una soluzione software completa per la gestione della logistica globale che consente di monitorare e controllare i flussi di traffico attraverso la supply chain in tempo reale; è un servizio basato sul web, con moduli integrati di trasporto, magazzino e gestione finanziaria, a una frazione del costo del software tradizionale della supply chain. Inoltre, l'azienda utilizza Live-Chat (comunicazione online), Ticket di supporto (per comunicazioni relative all'ordine e registrazione dei reclami), strumenti MS Office (principalmente Outlook, Excel e Word), strumento per call center per distribuire chiamate e fornire informazioni di gestione.

In sintesi, le supply chain oggetto della ricerca si stanno evolvendo e adattando ai mercati in evoluzione: prodotti, clienti e concorrenti. I partner stanno trasformando le relazioni

attraverso fusioni, acquisizioni, spin off, alleanze strategiche, investimenti green ecc. I cambiamenti richiedono appropriati adeguamenti delle funzioni, dei processi, delle organizzazioni della Control Tower.

3.8.3 Trends futuri della Control Tower

Di seguito sono state presentate le diverse opinioni delle tre società studiate sulle tendenze future della Control Tower. La società "A", dopo la recente fusione, si è concentrata sul programma di sinergia e trasformazione con l'obiettivo di raggiungere 900 milioni di euro di costi operativi sinergici da raggiungere nell'intero anno 2018. Allo stesso tempo, la società "A" sta prendendo provvedimenti per adattarsi alle condizioni del mercato concorrente e per spostare le risorse verso tecnologie orientate al futuro come il 5G, il Cloud e l'Internet of Things. Nell'ambito del programma, la società continua anche a puntare sul risparmio lungo la filiera globale in termini di approvvigionamento, supply chain e produzione.

Le nuove funzionalità implementate nella supply chain sono, ad esempio, le dashboard di prestazioni complete che consentono ai leader senior di monitorare tutte le condizioni rilevanti della supply chain in tempo reale. Il rappresentante dell'azienda "A" ha detto che il picco della volatilità della domanda li ha spinti dalla flessibilità all'agilità; I loro investimenti hanno ulteriormente ottimizzato i processi, intensificando la collaborazione interna e creando una cultura di miglioramento continuo.

Il rappresentante della società "B" ha delineato i futuri piccoli e importanti cambiamenti per la Control Tower. La Control Tower fornisce il suo servizio ai responsabili delle unità di business (BUL) e ai project manager (PM), e i suoi requisiti si evolvono con i cambiamenti del mercato, dei prodotti e della concorrenza. Pertanto, le attività e l'organizzazione della Control Tower si adattano a tali cambiamenti e processi e anche le funzionalità degli strumenti IT vengono adattate. Queste sono le modifiche minori.

Da una prospettiva tattica e strategica, il responsabile percepisce un vantaggio nella forza derivante dall'ultima fusione. Una delle società partecipanti alla fusione ha raccolto esperienze nei servizi post-vendita ed è specializzata nel controllo delle spedizioni di logistica inversa, mentre la seconda società è specializzata nei servizi di call center. Considerando tali capacità, in futuro, l'analisi e la reportistica della Control Tower,

insieme al supporto tecnico del call center e al recupero crediti, potrebbero essere inclusi in un pacchetto integrato offerto come servizio ai partner esterni. Un team specializzato, tecnologia avanzata e know-how relativi ai processi e ai suoi meccanismi di controllo potrebbero essere unici e un servizio desiderato dalle aziende di medie dimensioni, ma anche dalle aziende in espansione a livello globale.

Il rappresentante della società "C" ha indicato le seguenti cose come importanti in futuro:

- globalizzazione delle vendite e delle operazioni per le piccole e medie imprese
- ulteriori sviluppi
- specializzazione di aziende e persone.

Il rappresentante ha anche spiegato: “Dato che le aziende più piccole stanno facendo un salto all'estero, spesso mancano di competenza, tempo e volume per utilizzare e gestire (o guidare insieme) una soluzione di trasporto economica e di alta qualità. Le società di servizi più grandi, che rappresentano molte aziende di dimensioni diverse, dispongono già di contatti commerciali, infrastruttura ed esperienza. Oltre a basso costo, le Control Tower forniscono anche garanzia di qualità, risoluzione dei problemi, ecc. La Control Tower (CT) è solo una parte della nostra offerta di servizi e vantaggi in outsourcing per i clienti. Ad esempio: piattaforma IT, potere d'acquisto, gestione del fornitore, verifica della fattura del partner logistico e così via. Mentre l'IT continua a innovare, le Control Tower diventano più forti”

In sintesi, le aziende percepiscono le attività della Control Tower come una potenziale fonte di entrate e non solo una fonte di ottimizzazione dei costi e dei tempi in futuro. La Control Tower differenzia anche le offerte dell'azienda dalle altre sul mercato: viene trattata come una fonte di valore aggiunto per il cliente. Tale prospettiva potrebbe accelerare la tendenza alla costruzione e allo sviluppo di Control Tower.

La torre di controllo dell'azienda "A" è focalizzata sul bilanciamento della domanda e dell'offerta e appartiene al secondo gruppo; la società "C" appartiene al primo (Control Tower logistica incentrata sulle spedizioni). La Control Tower dell'azienda "B", invece, si è concentrata sulla supply chain inversa ed è una specie di ibrido, perché da un lato controlla le spedizioni da e verso i clienti, ma allo stesso tempo controlla i KPI per i servizi tecnologici di assistenza e riparazione; non controlla gli inventari e la domanda.

Il fatto che i tipi possano essere distinti rivela che l'intero processo della supply chain non è completamente integrato. Alcune Control Tower si concentrano sull'integrazione dei processi interni dell'azienda e altre sulle sue interfacce con i partner di primo livello. Al fine di costruire la Control Tower integrata per la logistica e la gestione della supply chain, è necessario riprogettare l'intera azienda.

In sintesi si potrebbe affermare che tutte e tre le Control Tower della supply chain analizzate hanno le somiglianze e differenze mostrate nella Tabella 5 di seguito.

Azienda	A	B	C
Area di comparazione	SOMIGLIANZE		
Creazione e sviluppo	<ul style="list-style-type: none"> creato come risposta a un'esigenza aziendale specifica ha apportato valore aggiunto alle aziende e sono state sviluppate 		
Organizzazione	<ul style="list-style-type: none"> le strutture organizzative sono costruite con responsabilità, processi e obiettivi aziendali definiti 		
Compiti e responsabilità della Control Tower	<ul style="list-style-type: none"> monitoraggio dei processi, misurazione, valutazione, azioni correttive e preventive, risposta ai ticket e/o ai problemi dei clienti, nonché segnalazione alle organizzazioni dei partner interni ed esterni per avviare i processi di miglioramento 		
Meccanismo di controllo	<ul style="list-style-type: none"> si basa sugli indicatori chiave di prestazione (KPI) e sui limiti di controllo; una volta che i valori KPI sono superiori o inferiori al limite di controllo, vengono avviate le azioni correttive e preventive 		
Soluzioni IT	<ul style="list-style-type: none"> supportato da una soluzione IT dedicata che consente l'integrazione e il coordinamento, così come l'orchestrazione dei partner nei processi operativi. 		
Ambiente di business	<ul style="list-style-type: none"> le supply chain si stanno evolvendo e adattando ai mercati in evoluzione: prodotti, clienti e concorrenti i partner stanno trasformando le relazioni attraverso fusioni, acquisizioni, spin off, alleanze strategiche, investimenti green, ecc. le modifiche richiedono appropriati adeguamenti delle funzioni, dei processi e delle organizzazioni della Control Tower 		
Futuro	<ul style="list-style-type: none"> potenziale fonte di entrate e non solo una fonte di ottimizzazione dei costi e dei tempi 		
Area di comparazione	DIFFERENZE		
Focus sul business	<ul style="list-style-type: none"> bilanciamento dei flussi di domanda e offerta analisi dei parametri chiave delle prestazioni della rete 	<ul style="list-style-type: none"> flussi di spedizioni gestione delle eccezioni gestione dei casi gestione dei sinistri interfacce dei partner 	<ul style="list-style-type: none"> spedizioni e inventario inclusi servizi a valore aggiunto

Tempo di lavoro	<ul style="list-style-type: none"> • Orari di lavoro regolari 	<ul style="list-style-type: none"> • Orari di lavoro regolari 	<ul style="list-style-type: none"> • 24 ore al giorno e 7 giorni alla settimana
Futuro	<ul style="list-style-type: none"> • dopo la recente fusione l'attenzione è rivolta alla trasformazione e alle sinergie • monitorare tutte le condizioni di fornitura pertinenti in tempo reale • mirare all'agilità per sostituire la flessibilità • creare una cultura di miglioramento continuo 	<ul style="list-style-type: none"> • modifiche minori: adeguare i processi e gli strumenti IT per soddisfare le mutevoli esigenze del cliente interno, ad es. Business Unit Leaders, Project Manager • grande potenziale di cambiamento: trarre vantaggio dalla forza derivante dall'ultima fusione; Control Tower come servizio disponibile in commercio per clienti esterni 	<ul style="list-style-type: none"> • la Control Tower diventa sempre più forte come parte integrante dell'offerta di servizi che crea vantaggi in outsourcing per i clienti, offrendo vantaggi competitivi
Nome utilizzato in alcune fonti che mostra la differenziazione nel focus dell'operazione	<ul style="list-style-type: none"> • Supply Chain Control Tower 	<ul style="list-style-type: none"> • Logistic Control Tower (che copre anche le operazioni di servizio) 	<ul style="list-style-type: none"> • Logistics Control Tower

Tabella 5: Somiglianze e differenze delle Control Tower oggetto della ricerca

4. Conclusioni

In questo capitolo conclusivo sono stati individuati i risultati relativi all'utilizzo e al funzionamento delle Control Tower all'interno delle Supply Chain, ciò che non è stato analizzato nel dettaglio e quindi i limiti del presente studio ed infine i passi futuri di ricerca che si potrebbero sviluppare per completare l'analisi in ogni suo aspetto.

4.1 Risultati del lavoro di tesi

La letteratura presa in considerazione ha mostrato che il nome "Control Tower" è usato e percepito positivamente nelle attività commerciali. Tuttavia, le aziende tendono a usarlo con funzioni e circostanze diverse. Vi è una tendenza verso lo sviluppo di Control Tower al fine di aumentare la visibilità e di ottenere agilità e collaborazione nella supply chain. Le Control Tower sono costruite in diversi tipi di attività commerciali, ma riflettono il valore aggiunto del business aziendale. Sono collocate per dare visibilità ai processi aziendali e per consentire di avere processi decisionali in linea con la strategia aziendale.

Il caso ricercato ha mostrato esempi di diversi tipi di attività (servizio, logistica, produzione). Tutti questi business hanno bisogno di un sistema e di processi dedicati per controllare il flusso principale del processo di trasformazione all'interno della supply chain. Il sistema di controllo deve essere supportato da soluzioni IT allineate a requisiti aziendali specifici. Pertanto, la Control Tower è un sistema composto da team collaborativi dotati di adeguata conoscenza ed esperienza che seguono e utilizzano processi definiti supportati da soluzioni IT avanzate.

Poiché l'attività cambia frequentemente, le Control Tower devono essere adattate, riprogettate e sviluppate. In futuro, le aziende richiederanno Control Tower adattive per mantenere il controllo sulla supply chain mentre si sta trasformando. I proprietari dell'azienda possono scegliere per la supply chain dei loro prodotti una delle tre opzioni:

- sviluppare una propria Control Tower per controllare i processi di trasformazione;
- offrire Control Tower come servizio (ad es. all'interno di un pacchetto di servizi 4PL);
- acquistare il servizio Control Tower da un fornitore di servizi specializzato.

Le società ricercate, che hanno una buona esperienza nella gestione della Control Tower (il suo valore è ben riconosciuto dai clienti e dal business aziendale), lo considerano un servizio da vendere a terzi e per generare entrate.

Presentando i processi, gli strumenti e le organizzazioni attuali nelle Control Tower della supply chain, alcuni articoli portano un prezioso aggiornamento dal mercato su esperienze e possibili soluzioni pratiche. Questo conferma inoltre che, nonostante non ci siano molte pubblicazioni letterarie, le Control Tower esistono, funzionano e si sviluppano sul mercato. Il valore unico della ricerca sono i risultati che mostrano:

- i possibili livelli di coinvolgimento della Control Tower per la capacità aziendale;
- i possibili meccanismi di trasformazione del ruolo della Control Tower;
- le possibili ulteriori direzioni di sviluppo per le Control Tower.

4.2 Limiti del lavoro di tesi

La ricerca si basa su analisi della letteratura, casi di studio selezionati e analisi comparative solo nel settore dell'alta tecnologia. Pertanto, non può fornire conclusioni e rappresentare le tendenze del mercato globale nel settore o in altri settori.

Non è stato possibile interagire con realtà aziendali che fanno uso di Control Tower, per cui le osservazioni e le conclusioni sono basate su quanto appreso dalla letteratura.

La difficoltà a reperire materiale utile all'analisi ne ha limitato l'estensione.

4.3 Passi futuri per la ricerca

Sulla base della revisione generale della letteratura, le direzioni di ricerca più promettenti sono le seguenti:

- incorporare gli accordi sul livello di servizio a livello di sistema con finestre temporali fisse nella pianificazione operativa;
- gestire ed elaborare automaticamente gli avvisi;
- integrazione di piani tattici e operativi;
- utilizzo di informazioni anticipate su domanda e offerta per pianificare gli interventi operativi in modo proattivo;
- lo sviluppo di un approccio unificato e olistico per la selezione di interventi su sistemi su larga scala.

I risultati della ricerca identificano come il funzionamento delle Control Tower porta idee a manager e a ricercatori su possibili soluzioni per migliorare il controllo dei processi della supply chain; inoltre fornisce idee sulle direzioni di sviluppo della Control Tower. La ricerca mostra anche il divario di conoscenza riguardo alle Control Tower nella supply chain, in particolare le loro possibili configurazioni e il futuro.

La ricerca dovrebbe essere proseguita ed estesa ad un campione più ampio di aziende. Di seguito sono definite tre possibili aree di interesse della ricerca:

- Control Tower della supply chain di aziende di proprietà;
- Control Tower delle società di servizi logistici;
- Control Tower della supply chain inversa.

Bibliografia

1. J. T. Mentzer, W. DeWitt, J. S. Keebler, S. Min, N. W. Nix, C. D. Smith, Z. G. Zacharia. Defining Supply Chain Management. *Journal of Business Logistics*, 22. 2001, p. 1-25.
2. Slide del corso "Supply Chain Management", Professore Rafele Carlo
3. D. Pooya, S. Li. Hierarchical clustering for structuring supply chain network in case of product variety. *Journal of Manufacturing Systems*, 38. 2016, p. 77-86.
4. S. Li, P. Daie. Configuration of assembly supply chain using hierarchical cluster analysis. *CIRP*, 17. 2014, p. 622-627.
5. Temporeli, Massimo. "Industria 4.0." *S&F_scienzaefilosofia.it* 22 (2019): 11-30
6. Luigi Atzori, Antonio Iera, Giacomo Morabito, textitThe Internet of Things: A survey, *Computer Networks*, Volume 54, Issue 15, 28 Ottobre 2010, Pagine 2787-2805
7. Lee, In, and Lee, Kyoochun. "The Internet of Things (IoT): Applications, Investments, and Challenges for Enterprises." *Business Horizons* 58.4 (2015): 431-40
8. Yin, Shen, and Okyay Kaynak. "Big Data for Modern Industry: Challenges and Trends [Point of View]." *Proceedings of the IEEE* 103.2 (2015): 143-46
9. Roblek, Vasja, Maja Meško, and Alojz Krapež. "A Complex View of Industry 4.0." *SAGE Open* 6.2 (2016): SAGE Open, June 2016, Vol.6(2)
10. Kumar, Raman, Harwinder Singh, and J.S Dureja. "An Approach to Analyze Logistic Outsourcing Problem in Medium-scale Organization by CFPR and VIKOR." *Journal of Manufacturing Technology Management* 23.7 (2012): 885-98.
11. Cattaneo Silvia, et al. (2016), Il ruolo delle imprese di spedizione nel commercio internazionale. (Liuc papers, 298). Castellanza: Università Carlo Cattaneo - LIUC. ISSN 1722-4667.
12. Lynch Clifford F., (2000), "Logistic Outsourcing A Management Guide", Council of Logistic Management.
13. Bhatnagar, Rohit, Amrik S Sohal, and Robert Millen. "Third Party Logistics Services: A Singapore Perspective." *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 29.9 (1999): 569-87

14. Chu A. C., Leung L.C., Hui Y.V. & Cheung W., (2004), "4th party cyber logistic for air cargo", Published by Springer, pp 11.
15. Hertz, Susanne; Monica Alfredsson (February 2003). "Strategic development of third party logistics providers". *Industrial Marketing Management*. Elsevier Science. 32 (2): 139-149
16. Rushton A., Walker S., (2007) "*International Logistic and Supply Chain Outsourcing: from local to global*", Published Kogan Page Publisher, pp 110-116
17. Green F. B., Turner W., Roberts S., Nagendra A., & Wininger E., (2008), "*A Practitioner's Perspective on the Role of a Third Party Logistics Provider*", *Journal of Business & Economics Research*, Volume 6, Number 6
18. Reza Farahani, Shabnam Rezapour, Laleh Kardar (2011) "Logistics Operation and Management: Concepts and Models"
19. Büyüközkan, Gülçin, Orhan Feyzioğlu, and Mehmet Şakir Ersoy. "Evaluation of 4PL Operating Models: A Decision Making Approach Based on 2-additive Choquet Integral." *International Journal of Production Economics* 121.1 (2009): 112-20
20. Bauknight D.N., & Miller J.R., (2009), "Fourth party logistics: The evolution of supply chain outsourcing"
21. Vivaldini, Mauro, Silvio Pires, and Fernando Bernardi De Souza. "Collaboration and Competition between 4PL and 3PL: A Study of a Fast-food Supply Chain." (2008)
22. Alias, Cyril, Cagdas Ozgur, Mandar Jawale, and Bernd Noche. "Analyzing the Potential of Future-Internet-based Logistics Control Tower Solutions in Warehouses." *Proceedings of 2014 IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics* (2014): 452-57
23. Brown, M. (2009): *Stand und Entwicklungstendenzen des Supply-chain Managements in der deutschen Grundstoffindustrie*. Kassel. Univ. Press; p. 21, 22, 83.
24. Topan, E., A.S Eruguz, W. Ma, M.C Van Der Heijden, and R. Dekker. "A Review of Operational Spare Parts Service Logistics in Service Control Towers." *European Journal of Operational Research* 282.2 (2020): 401-14

25. Accenture. (2015). Supply chain control towers in the high-tech industry
26. Driessen, Maarten, Joachim Arts, Geert-Jan Van Houtum, Jan Willem Rustenburg, and Bob Huisman. "Maintenance Spare Parts Planning and Control: A Framework for Control and Agenda for Future Research." *Production Planning & Control* 26.5 (2015): 407-26
27. Anna Trzuskawska-Grzezińska. "Control Towers in Supply Chain Management - Past and Future." *Journal of Economics and Management* 27.27 (2017): 114-33
28. Kephart, J. O.; Chess, D. M. (2003): The Vision of Autonomic Computing, *Computer Journal*, Vol. 36, Iss. 1, p. 41-50, 01/2003
29. Ji Shou-Wen, Tian Ying and Gao Yang-Hua , 2013. Study on Supply Chain Information Control Tower System. *Information Technology Journal*, 12: 8488-8493.
30. Tajima, May. "Strategic Value of RFID in Supply Chain Management." *Journal of Purchasing and Supply Management* 13.4 (2007): 261-73
31. Ji, S.W., Y. Tian, Z.H. Zhang and H.L. Lu, 2013. Research on the FMCG supply chain quality control tower system and operation mechanism. *Adv. Mater. Res.*, 694-697: 3610-3613
32. Bhosle, G. , Kumar, P. , Griffin-Cryan, B. , van Doesburg, R. , Sparks, M. , & Paton, A. (2011). Global supply chain control towers: Achieving end-to-end supply chain visibility .
33. Scholtz D.M.L. (2004): *Lucent SCN: Leveraging the Fully Integrated Supply Chain*. Thesis submitted to the Engineering Systems Division in Partial Fulfilment of the Requirements for the Degree of Master of Engineering in Logistics at The Massachusetts Institute of Technology, June 2004.
34. Blanchard D. (2007): *Supply Chain Management Best Practices*. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey.
35. Ronchi S. (2003): *The Effects of The Internet Adoption in Customer-Supplier Relationships. The Markets – Vertical Alliances Divergence and the Emergence of Collaborative Markets*. CINet Research Papers, No. 2003-2, Continuous Innovation Network, Enschede.

Sitografia

- I. <https://www.bucap.it/>
- II. <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/knowledge/strategy/supply-chain/>
- III. https://www.i-scoop.eu/industry-4%200/#Industry_40_the_essence_explained_in_a_nutshell
- IV. <https://fifthingenium.com/it/industria-4-0/>
- V. <https://www.digital4.biz/executive/industria-40-storia-significato-ed-evoluzioni-tecnologiche-a-vantaggio-del-business/>
- VI. https://it.wikipedia.org/wiki/Rivoluzione_industriale
- VII. https://it.wikipedia.org/wiki/Seconda_rivoluzione_industriale
- VIII. https://it.wikipedia.org/wiki/Terza_rivoluzione_industriale
- IX. https://it.wikipedia.org/wiki/Industria_4.0
- X. http://www.ansamed.info/industry_4_0/notizie/protagonisti/2018/04/13/polimi-internet-delle-cose-vale-37-mld_09d042a9-1937-48b6-8760-126264308c2d.html
- XI. <https://www.digital4.biz/executive/digital-transformation/iot-cosa-significa-e-come-si-fa-a-rendere-il-mondo-ed-il-business-piu-smart/>
- XII. <http://www.nexusfi.it/siri-rfid.php>
- XIII. https://it.wikipedia.org/wiki/Wireless_sensor_network#Applicazioni_commerciali
- XIV. <https://www.hemargroup.ch/it/blog/internet-of-things-e-logistica>
- XV. https://it.wikipedia.org/wiki/Cloud_computing
- XVI. <https://medium.com/@outrightsystems/cloud-computing-in-business-ab19f308221d>
- XVII. https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/it/Documents/deloitte-analytics/bigdata_challenges_success_factors.pdf
- XVIII. <https://www.extraordy.com/bigdata-e-hadoop-di-cosa-parliamo/>

- XIX. <https://www.i-scoop.eu/artificial-intelligence-cognitive-computing/>
- XX. <https://www.i-scoop.eu/cyber-security-cyber-risks-dx/>
- XXI. <https://www.logismarket.es/blog/tipos-operadores-logisticos-que-hacen/>
- XXII. https://en.wikipedia.org/wiki/Third-party_logistics
- XXIII. <https://www.airsea.it/articoli/l'importanza-di-una-control-tower-logistica.html>
- XXIV. <https://www.board.com/it/supply-chain/control-tower#graf>
- XXV. <https://www.board.com/en/learn/parrot-case-study>
- XXVI. https://www.accenture.com/_acnmedia/accenture/conversion-assets/dotcom/documents/global/pdf/industries_19/accenture-supply-chain-control-tower.pdf
- XXVII. https://it.kuehne-nagel.com/fileadmin/countrypage_int_kn/Integrated_Logistics/KN_ControlTower_brochure.pdf

Ringraziamenti

In questi anni di Università sono molte le persone che mi hanno accompagnato, per un tratto più o meno lungo del mio cammino, fino a qui e alla fine del mio percorso voglio ringraziarle dal profondo del cuore perché è anche merito loro se sono arrivato al traguardo.

Innanzitutto, ringrazio il gentilissimo professore Carlo Rafele, che mi ha seguito durante la stesura della tesi di laurea.

Nella mia vita ho avuto la fortuna di avere persone al mio fianco che mi hanno sempre sostenuto, in ogni mia scelta, e mi hanno fatto sentire in ogni momento la loro vicinanza. Non mi stancherò mai di ringraziare a questo proposito i miei genitori, che mi appoggiano sempre e incondizionatamente; grazie per tutto quello che avete fatto durante questi anni, papà per i consigli e per avermi mantenuto, permettendomi così di concentrarmi sulle lezioni e sugli esami senza dover lavorare; mamma per gli abbracci e per i pasti della settimana da portarmi su a Torino; e poi molte altre cose che mi ci vorrebbero altre cento pagine per elencare.

Una persona speciale che mi ha accompagnato nella seconda metà della mia vita da universitario è la mia fidanzata Liviana. Sei la mia forza, i piedi con cui percorro ogni passo del mio lungo cammino e gli occhi con cui guardo l'orizzonte quando sento di essere vicino al traguardo prima di partire per una nuova sfida; sei la mia complice, una persona con cui basta uno sguardo per capirsi. Abbiamo trascorso molti bei momenti insieme e ti ringrazio per avermi supportato durante questo percorso.

Voglio ringraziare con tutto me stesso i miei cari nonni, che con la loro felicità nel vedermi andare avanti negli studi, mi spronavano a non arrendermi di fronte alle difficoltà e credendo nelle mie capacità mi hanno aiutato durante questo percorso. Una dedica speciale voglio farla al mio caro nonno materno che ci ha lasciato qualche mese fa. Eri sempre disponibile per me, mi portavi tutti i lunedì a prendere il treno per Torino e al venerdì eri sempre in stazione ad aspettarmi. Hai fatto davvero tanto per me in questi anni e avrei tanto voluto che tu fossi presente ad assistere a questo traguardo.

Ringrazio le mie sorelle Marta e Chiara che mi hanno sempre fatto sentire la loro vicinanza e il loro affetto.

Ringrazio tutti i cugini, gli zii, padrino e madrina per il loro supporto e il loro incoraggiamento.

Ringrazio gli amici del poli Giovanni, Gianluca ed Edoardo per i tanti progetti portati a termine insieme e per la compagnia che rendeva le giornate più leggere.

Un ringraziamento a tutti i gli amici: Dalila, Alessandro e Francesca per le serate a Torino; Andrea e Mattia che sono gli amici di vecchia data pronti sempre a bere una birra; gli amici di “Roero Mon Amur” per le grandi uscite; gli amici del calcetto per le innumerevoli partite che mi aiutavano a staccare un po’ la spina dall’università.

Ringrazio ancora tutti quanti per l’affetto che mi dimostrate; è merito vostro se sono arrivato fino a qua! Spero di avervi reso fieri di me. Da ora comincia una nuova fase della mia vita!

Grazie