

Università degli Studi di Padova
Dipartimento di Scienze Statistiche
Corso di Laurea Triennale in

Statistica per l'Economia e l'Impresa



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA**

RELAZIONE FINALE
**Digitalizzazione dei processi della Supply Chain: uno stage
presso Air Liquide**

Relatore:

Prof.ssa Ambra Galeazzo

Dipartimento di Scienze Economiche e Aziendali

Laureanda:

Erica Potente

Matricola N: 1224557

Anno Accademico 2022/2023

Indice

Capitolo 1 - Introduzione.....	4
Capitolo 2 - Presentazione dell’Azienda.....	5
Capitolo 3 - Descrizione dello Stage e Obiettivi.....	9
Capitolo 4 - Supply Chain, Big Data e Machine Learning.....	11
4.1 - Introduzione.....	11
4.2 - Reti Logistiche.....	12
4.3 - Supply Chain.....	13
4.4 - Big Data.....	16
4.5 - Intelligenza Artificiale e Machine Learning.....	18
Capitolo 5 - Stato dell’arte.....	19
Capitolo 6 - Analisi.....	23
6.1 - Premessa.....	23
6.2 - Introduzione.....	23
6.3 - Ricerca Operativa.....	23
6.4 - Spiegazione dell’Analisi.....	24
Capitolo 7 - Conclusioni.....	30
Bibliografia.....	34

Capitolo 1 - Introduzione

Il seguente progetto di tesi è basato sull'esperienza di stage presso Air Liquide, multinazionale che si occupa di produzione di diverse tipologie di gas per impianti, laboratori, saldatura, ma anche sanità e componenti elettronici.

L'elaborato verterà su alcuni dei possibili miglioramenti che i metodi statistici per i Big Data (BD), con riferimento quindi all'Artificial Intelligence (AI), potrebbero portare all'interno delle varie fasi della Supply Chain (SC). Verranno trattati più nello specifico alcuni aspetti basandosi sull'esperienza di stage svolta. L'elaborato è stato scritto ed esaminato ad esperienza formativa in corso, motivo per il quale le analisi verranno trattate a livello puramente teorico, cercando le argomentazioni il più possibile aderenti alle problematiche e ai punti di forza e debolezza riscontrati all'interno della multinazionale Air Liquide. Le informazioni acquisite, infatti, sono ancora incomplete e non consolidate. Nonostante ciò, si cercherà comunque, il più possibile, come già ribadito, di svolgere analisi teoriche che potrebbero portare a miglioramenti interni per il team di logistica, e per l'azienda Air Liquide in generale.

Il secondo capitolo tratterà la presentazione aziendale. Nel terzo verrà descritto il ruolo svolto all'interno di Air Liquide per il progetto di stage, con i relativi obiettivi da conseguire ed includendo anche le conoscenze e le competenze richieste. Nel quarto capitolo verranno esposte le definizioni di: *Reti Logistiche*, *Supply Chain*, *Big Data* e *Artificial Intelligence*, analizzando come questi elementi siano strettamente interconnessi (in particolare come i Big Data e l'Artificial Intelligence possano portare dei miglioramenti all'interno della Supply Chain). Il quinto capitolo tratterà il modo in cui vengono utilizzati attualmente i BD e l'AI all'interno dei processi della SC con i relativi vantaggi, svantaggi e rischi dovuti all'analisi dei dati. Il sesto capitolo tratterà più nello specifico un'analisi teorica da poter implementare all'interno dell'azienda Air Liquide. Nel settimo e ultimo capitolo verranno tratte le conclusioni dell'analisi, seguirà quindi un bilancio sull'esperienza di stage fino al momento della stesura dell'elaborato.

Capitolo 2 - Presentazione dell'Azienda

Air Liquide è una multinazionale nata in Francia nel 1902. Essa si occupa di produzione e fornitura di diverse tipologie di gas (per esempio ossigeno, azoto, argon) con diversi gradi di purezza, sia a livello industriale che sanitario. Il Gruppo Air Liquide ha sede a Parigi e conta 135 filiali in oltre 80 Paesi, costituendo la prima multinazionale nel settore di gas tecnici e medicinali. Air Liquide è presente in Italia dal 1909 ed è leader nel mercato dei gas industriali (sono circa centomila i clienti che vengono serviti direttamente e/o indirettamente). Nel 2022, Air Liquide ha avuto un fatturato di 32.5 miliardi di dollari, di cui 31.9 miliardi in ricavi di vendite e prestazioni, con un utile netto di esercizio di 2.9 miliardi di dollari e un risultato operativo (EBIT) di 4.5 miliardi di dollari (*dati ORBIS*).

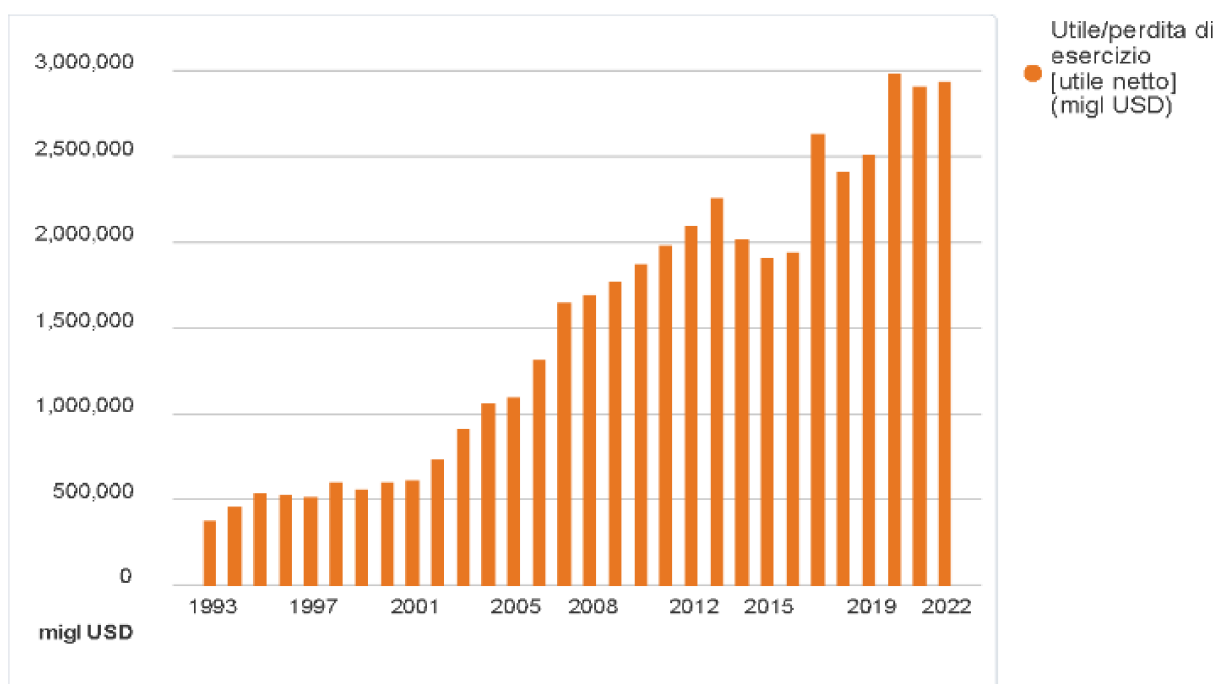


Figura 1 - Utile Netto di Esercizio (Fonte: ORBIS)

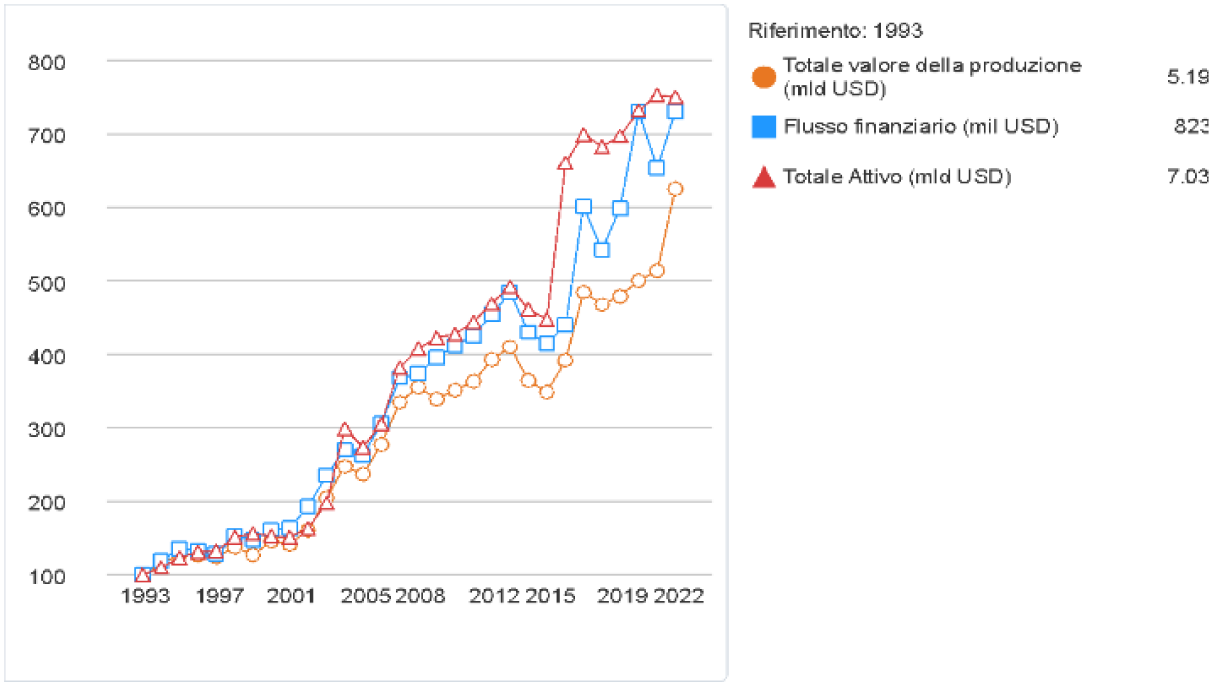


Figura 2 - Indicatori Principali (Fonte: ORBIS)

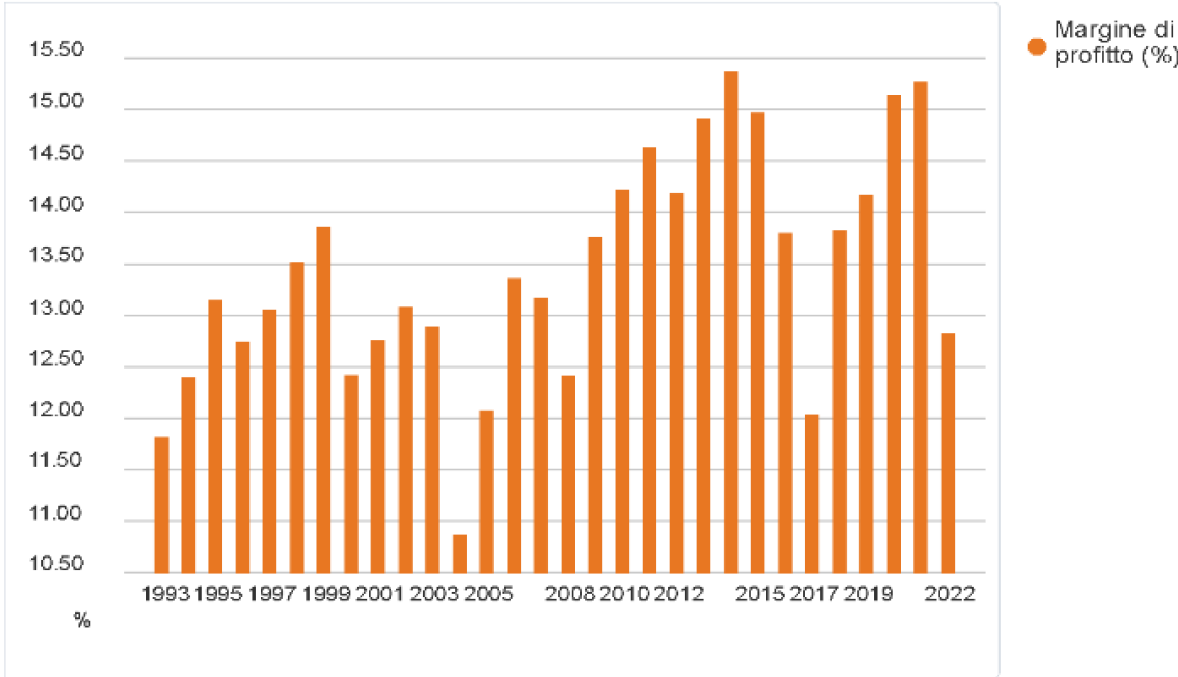


Figura 3 - Margine Operativo (Fonte: ORBIS)

Dai grafici si può notare come la multinazionale sia affermata, e che nonostante l'aumento di alcuni costi sia riuscita comunque ad avere risultati positivi e in costante miglioramento. Nella *Figura 1* si vede come l'utile netto di esercizio sia in graduale aumento, riuscendo a superare le crisi avute dal 1993 ad oggi (ad esempio la crisi finanziaria del 2008 o lo shock economico del 2020 a causa Covid-19). Il margine di profitto, come si vede dalla *Figura 3*, oscilla soprattutto negli ultimi anni. Si può notare quindi come venga a formarsi un ciclo-trend sempre più evidente.

Il portafoglio clienti è ampio e diversificato, partendo da depositi e aziende (alcune di queste sono Joint Venture, infatti sono possedute almeno per il 51% da Air Liquide) fino ai clienti finali (laboratori di analisi, metalmeccanici, ...) e Pubblica Amministrazione. In Italia, infatti, Air Liquide serve grandi, piccole e medie imprese in molti settori come ad esempio metallurgico e agroalimentare.

Per un'organizzazione ottimale, e per adattarsi alle caratteristiche dei mercati presenti in tutto il mondo, le filiali (in tutto il mondo) sono state clusterizzate col fine di avere una linea d'azione comune all'interno di ogni gruppo, in modo da poter avere scopi e modalità di lavoro comuni (l'Italia, per esempio, appartiene ad uno dei cluster europei insieme a Francia, Spagna e Portogallo).

La parte di multinazionale che si occupa di gas industriale (l'altra parte infatti si occupa dei gas ad uso sanitario) è suddivisa a sua volta in tre Business Lines: *Industrial Merchant*, *Large Industries* e *Electronics*. Ogni Business Line ha al proprio interno una gerarchia ben precisa, a partire dalla presenza di vari team e figure professionali. La Business Line *Large Industries* si occupa di produzione e vendita di gas in grandi quantità (la distribuzione è resa possibile da tubazioni), quindi per grandi clienti industriali. La Business Line *Industrial Merchant* si impegna nella produzione e vendita di gas, sia sotto forma di liquidi che condizionati (contenuti in bombole) e nella distribuzione dei prodotti ai clienti industriali. La Business Line *Electronics*, invece, si occupa dei mercati relativi ai gas per l'industria dei semiconduttori.

Capitolo 3 - Descrizione dello Stage e Obiettivi

Lo stage è stato svolto all'interno della Business Line *Industrial Merchant*, in particolare nel team *Packaged Gases Distribution* riportando alla Packaged Gases Logistic Manager. Ciò significa che lo stage è stato svolto all'interno del team di logistica nella Business Line che si occupa dei gas condizionati. L'esperienza è stata svolta con il ruolo di Logistic Excellence Analyst Support per il progetto "Trip Analysis", uno dei progetti messi in atto all'interno del team. L'esperienza verte sull'analisi dei principali dati relativi ai gas condizionati (bombole di gas). Lo scopo di questo stage, quindi, è stato quello di avvicinarsi un po' di più alla programmazione automatica dei viaggi, monitorando i principali KPI di competenza del team di logistica, controllando la qualità e l'efficienza del tool di routing.

I programmi utilizzati nell'arco dell'esperienza formativa sono stati principalmente SAP (software gestionale dell'azienda utilizzato in tutte le fasi della fornitura, dall'acquisizione all'evasione dell'ordine), Power BI (piattaforma Microsoft che permette di creare dashboard e rappresentazioni dei dati interattive, avente funzionalità di Business Intelligence) e SmarTour (programma utilizzato per pianificare i viaggi, estrapolando i dati da SAP).

L'obiettivo di questo stage è quello di analizzare i dati provenienti da SAP, da SmarTour e dai trasporti, per avere il maggior numero di informazioni possibili, con il fine di rendere tutti i dati attendibili e non distorti e considerando che ogni sito produttivo in Italia ha caratteristiche e peculiarità differenti l'uno dall'altro. Il bisogno di avere dati non distorti nasce dal fatto che il team quotidianamente deve utilizzare questi ultimi (a partire per esempio dal peso di un prodotto, al calcolo dei km previsti per la spedizione, alla capacità di un mezzo). La necessità primaria è quindi quella di avere delle informazioni condivise univoche. Solo in questo modo è possibile cercare di ottimizzare i costi di trasporto e soddisfare al meglio il cliente, tenendo conto anche dei KPI riguardanti la logistica.

La prima fase è stata quella del Data Cleaning, cioè l'osservazione della percentuale di dati *sporchi* estrapolata da Power BI. I dati sporchi sono quei dati che osservano lo stesso fenomeno ma sono rappresentati in modo diverso a seconda del software utilizzato, in

particolare creando discrepanze tra SAP e SmarTour, cercando di analizzare la causa per la quale lo stesso dato in due software differenti risulti diverso (nonostante Smartour estrapoli i dati da SAP). Infatti il problema è stato proprio cercare di capire come SmarTour venga alimentato con i dati di SAP (ad esempio l'anagrafica dei clienti). Per questo motivo, sono stati estratti i dati sporchi da Power BI e verificate quale o quali fossero le discrepanze. Successivamente i dati sono stati corretti. Lo step successivo è stato quindi l'analisi dei dati, si è cercato infatti di capire come migliorare le prestazioni del team riducendo i costi per l'azienda. Sono state calcolate, ad esempio, le variazioni tendenziali e congiunturali dei volumi trasportati in relazione a: i km effettuati, alla percentuale di carico dei mezzi o alla quantità di prodotto effettivamente trasportata, infine al numero dei clienti presenti per ogni plant.

Per poter avere un'idea chiara e comprendere al meglio i tipi di dati presenti all'interno dell'azienda è stato svolto un periodo iniziale di formazione come *dispatcher*. Il dispatcher è quella figura professionale che si occupa dell'organizzazione, della programmazione e del controllo dello stato di avanzamento dei viaggi in base al sito produttivo di competenza, monitorando costantemente i feedback di ritorno dal viaggio. All'interno dell'azienda si cerca di dare molta attenzione al livello di servizio fornito a clienti e/o agenzie, infatti alcuni KPI monitorano proprio questo aspetto.

Capitolo 4 - Supply Chain, Big Data e Machine Learning

4.1 - Introduzione

Il ruolo svolto all'interno di Air Liquide è strettamente connesso all'utilizzo dei metodi per i Big Data (BD) all'interno della Supply Chain (SC). Utilizzare dei metodi per i BD, infatti, vuol dire anche sfruttare l'Intelligenza Artificiale (Artificial Intelligence - AI) per aiutare l'essere umano nel processo di decision making, sfruttando le informazioni derivanti dall'analisi dei dati a disposizione. L'Artificial Intelligence permette quindi di arrivare a soluzioni in minor tempo e con meno difficoltà.

L'esigenza di applicare metodi per i BD nasce proprio perchè si ha a che fare con una grande mole di dati, e il problema principale è cercare di gestirli nel modo più efficiente possibile. Questo non è sempre facile, soprattutto quando a dover gestire i processi, è una rete estesa e articolata di team all'interno dell'azienda. Infatti sono molte le persone che trattano e monitorano giornalmente gli stessi dati, quindi per lavorare nel migliore dei modi è necessaria la comunicazione nonchè avere uno scopo comune all'interno del processo di fornitura.

4.2 - Reti Logistiche

Per logistica si intende tutto il processo che parte dalla pianificazione del flusso di materie prime, semilavorati e/o prodotti finiti, e finisce con il controllo dell'efficienza del flusso di fornitura di questi ultimi. Lo scopo finale è quello di soddisfare le esigenze dei clienti (*R. H. Ballou, 1995*). La logistica che si occupa della distribuzione della merce dall'azienda a un cliente è classificata come logistica *distributiva o dei trasporti* (*C. Monardes-Concha, 2020*).

Le reti logistiche fanno riferimento all'insieme di tutte le forniture che partono dall'azienda e arrivano ai clienti finali, includendo anche diverse modalità di trasporto e frequenza di fornitura (*R. H. Ballou, 1995*).

Lo scopo delle aziende è quello di soddisfare il cliente, minimizzando però i costi di trasporto ed allocando nel modo più efficiente possibile i prodotti da fornire ai clienti con la corretta frequenza temporale.

La costruzione di una rete logistica che porti alla minimizzazione dei costi e alla soddisfazione del cliente dipende principalmente da quattro fattori. Il primo di questi si riferisce alle *caratteristiche della merce* che viene spedita e consegnata. Questo vuol dire che la rete logistica deve tenere conto ad esempio del peso, densità, deperibilità o obsolescenza della merce. Il secondo fattore che influenza l'implementazione di una rete logistica è la *domanda*, ci si riferisce in particolare alle caratteristiche spazio-temporali di questa. Alcune di queste sono la stagionalità e la destinazione di arrivo della merce spedita dal plant di riferimento. Anche il *livello di servizio* risulta essere un fattore chiave per la scelta delle reti logistiche che portano alla minimizzazione dei costi. È necessario considerare, ad esempio,

la disponibilità della merce, la puntualità e la frequenza di consegna. L'ultimo elemento decisivo per la costruzione di una rete logistica efficiente è il *costo*. Ciò significa considerare i costi logistici che le forniture comportano. I costi logistici includono il costo dei trasporti ma anche della manodopera e dei magazzini.

4.3 - Supply Chain

Per catena di fornitura si intendono tutte le parti coinvolte, direttamente o indirettamente, nel soddisfare la richiesta di un cliente (*S. Chopra, P. Meindl, 2013*). Non include quindi solo la produzione e la fornitura, ma anche trasporti, magazzini, rivenditori e a volte anche i clienti stessi. Quindi, in ogni azienda, la Supply Chain include tutte le funzioni coinvolte nel capire e nel soddisfare la richiesta del cliente (ad esempio lo sviluppo di un nuovo prodotto, il marketing, le operations, la distribuzione e il servizio al cliente).

L'obiettivo di ogni Supply Chain è quello di massimizzare il valore totale generato (*Supply Chain Surplus*). Il valore che una catena di fornitura crea è la differenza tra il valore del prodotto o servizio percepito dal cliente e i costi sostenuti dall'intera catena per soddisfare la richiesta del cliente.

$$\textit{Supply Chain Surplus} = \textit{Customer Value} - \textit{Supply Chain Cost}$$

La minimizzazione dei costi della catena di fornitura può portare ad un vantaggio competitivo di un'azienda rispetto ad un'altra. Ciò vuol dire avere un valore aggiunto e quindi differenziarsi.

Uno degli elementi che influenza maggiormente una Supply Chain è quello inerente alle *strutture*. Per strutture si intendono quei luoghi fisici in cui i prodotti attraversano tutte le fasi della Supply Chain. Strutture significative sono: i siti produttivi e i magazzini, le scorte di magazzino (in particolare scorte di materie prime, work-in-process, e scorte di prodotti finiti) e l'asset di ogni sito produttivo, cioè i prodotti e servizi che vengono venduti ai clienti. Un altro fattore importante è la *rete logistica*, cioè l'insieme di diverse modalità con cui viene trasportato l'asset disponibile da un plant al cliente (o agenzia), includendo la possibilità di consegnare direttamente o indirettamente (spedire i prodotti ad un'agenzia che poi effettua la

consegna per conto dell'azienda fornitrice). Sono molto importanti anche le *informazioni*, ovvero l'interpretazione dei vari dati provenienti da tutte le fasi della catena di fornitura, monitorando così anche il processo di marketing e la soddisfazione del cliente. Vuol dire quindi analizzare i dati partendo dalla gestione delle materie prime fino ai trasporti, col fine di ottenere un vantaggio competitivo sulle altre aziende. L'ultimo fattore chiave da considerare per una catena di fornitura efficiente è il *pricing*, cioè l'analisi che permette di comprendere al meglio la domanda e l'offerta, col fine di vendere i prodotti e servizi dell'azienda ai prezzi migliori del mercato.

Monitorare e analizzare costantemente i dati provenienti dalle fasi della Supply Chain permette di massimizzare l'efficienza nonché di massimizzare i profitti, minimizzando i costi dell'azienda stessa. Solo così infatti si è in grado di capire quali siano i punti di forza e debolezza dell'impresa, quali siano le attività da intraprendere per migliorare alcuni punti deboli e cercare di sfruttare al meglio i punti di forza. Le caratteristiche principali di una Supply Chain efficiente, che sono state spiegate precedentemente, permettono infatti alle figure professionali coinvolte nella catena di fornitura stessa di capire quale sia l'obiettivo da raggiungere e quali siano i KPI da migliorare.

Alcuni indicatori di performance sono i *costi*, il *valore* e la *soddisfazione del cliente*, oltre al vantaggio competitivo apportato all'azienda (*Figura 4*). È possibile ottenere questo solo entrando in un'ottica di coordinazione all'interno della Supply Chain.

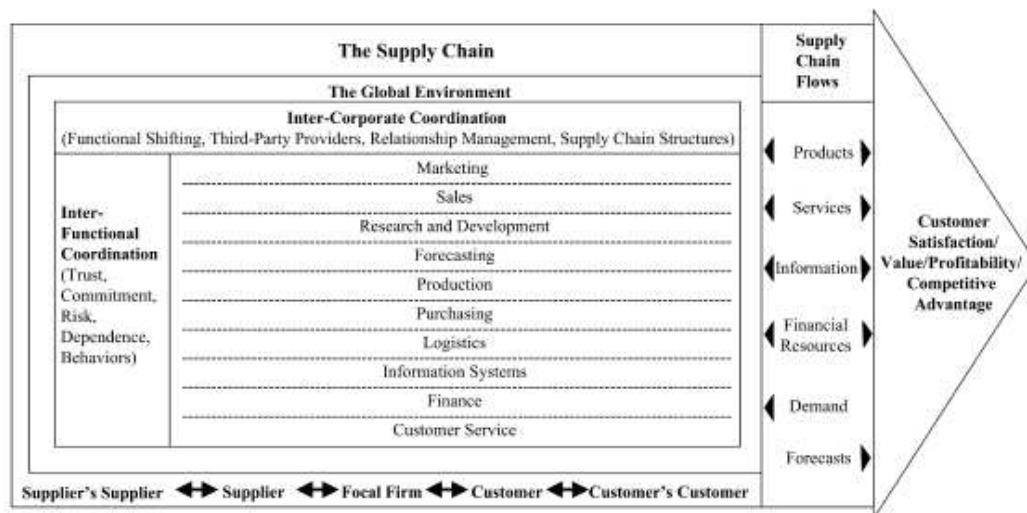


Figura 4 - Rappresentazione della Supply Chain (J. T. Mentzer et al., 2001 - "Defining Supply Chain Management")

Lo scopo del *Management della Supply Chain* (SCM) è quello di ottimizzare i costi in modo da portare un vantaggio competitivo all'azienda, massimizzando il valore per il cliente e la sua soddisfazione, coordinando tutte le parti che entrano a far parte della Supply Chain, gestendo il rischio e facendo previsioni (per esempio della domanda) che portino ad un effettivo miglioramento della gestione dello stock aziendale. Questo è possibile allineando le decisioni di tutti gli organi coinvolti nella fornitura, cioè intraprendendo scelte che abbiamo come scopo il miglioramento e l'efficienza della Supply Chain.

La difficoltà nelle operazioni di Supply Chain viene riscontrata principalmente a causa del "bullwhip effect". Per "bullwhip effect" si intende un'esagerazione o una sovrastima della domanda, da parte del cliente o dell'azienda, che porta ad un'accelerazione della frequenza degli ordini oppure ad un aumento delle quantità di prodotto ordinate. Le cause di questo comportamento possono essere molteplici, tra cui la distorsione della domanda o il desiderio delle aziende (che fanno parte della catena) di ampliare la propria efficienza di fornitura, non pensando all'efficienza della Supply Chain globale. Questo può avere importanti conseguenze nei rapporti lungo tutta la catena di fornitura, abbassando e/o distorcendo così anche i KPI aziendali.

Per riconoscere e controllare il più possibile il “bullwhip effect” è necessario monitorare molteplici fattori. Il primo degli elementi da osservare e analizzare è la domanda dei clienti, prevedendone e valutandone eventuali oscillazioni, in modo tale da comprendere se si tratti di un aumento effettivo della domanda o se sia una sovrastima di essa. Così è possibile ottenere un livello di servizio soddisfacente e conoscere in anticipo la quantità di prodotto necessaria che ogni plant deve avere per soddisfare i propri clienti. Il secondo fattore è quello che implica infatti la periodicità degli ordini fatti dai clienti. Ciò significa monitorare la frequenza di riordino di ogni cliente, valutando quali siano i prodotti ordinati maggiormente. In questo modo sarà molto più semplice poter fare previsioni e analisi di vario tipo. Il terzo elemento di cui tenere conto sono le fluttuazioni dei prezzi (soprattutto se al prodotto che viene fornito vengono applicati sconti), grazie alla loro analisi si riescono a prevedere i volumi di prodotto che verranno ordinati e trasportati, oltre ad essere un dato molto utile per prevedere il fatturato globale dell’azienda, nonché determinante per altri KPI molto importanti. L’ultimo fattore che influenza il “bullwhip effect” è il *rationing and shortage game*, ovvero il fenomeno per il quale un’azienda o un cliente tende ad ordinare quantità sempre maggiori nel momento in cui l’ordine non viene consegnato nei tempi previsti o non vengono consegnati tutti i prodotti in una stessa spedizione. Il cliente o azienda in questo caso tende ad ordinare quantità maggiori per “insistere” sull’urgenza della consegna dell’ordine.

Ci sono molte azioni di SCM che portano al miglioramento della Supply Chain, il loro obiettivo è quello di ottenere una catena di fornitura soddisfacente, sia all’azienda che spedisce che al cliente che riceve. Questo, in altri termini, significa che all’interno della catena ci deve essere coordinazione. *Coordinazione* significa cooperare (ovvero agire/lavorare insieme per uno scopo comune) più attivamente e direttamente. Ciò include un processo di decision making interattivo e condiviso sia orizzontalmente che verticalmente, ovvero tra tutti i livelli della catena di fornitura, dal fornitore al cliente finale. Se tutti i processi sono guidati da una buona coordinazione all’interno della Supply Chain, allora è anche possibile e non difficile affrontare imprevisti, urgenze ed emergenze.

4.4 - Big Data

I Big Data permettono di facilitare tutte le azioni del Supply Chain Management, in quanto permettono di “rappresentare” un costrutto della Supply Chain. Questo vuol dire che sono il

mezzo con cui è possibile ottenere la coordinazione che deve esserci all'interno di una catena di fornitura efficiente. Come citato precedentemente, i BD sono il mezzo con cui gli organi presenti nella catena di fornitura comunicano e creano uno scambio di informazioni.

I Big Data sono informazioni (strutturate o meno) relazionate e collegate tra loro caratterizzate da *Volume*, *Varietà*, *Velocità*, *Veridicità* e *Valore*. Queste caratteristiche sono chiamate le *5V*. Esse sono le peculiarità dei Big Data, che portano poi ai vantaggi nell'utilizzo di questi ultimi.

Per *Volume* si intende il volume di informazioni, ovvero la grossa mole di informazioni gestibili attraverso i metodi per i Big Data (quindi attraverso l'Artificial Intelligence). *Varietà* significa che i dati sono ottenuti da risorse che sono molteplici ed eterogenee tra loro. Questa caratteristica permette di arrivare ad un grado di completezza delle informazioni, aiutando e diventando un fattore chiave per la coordinazione. La *Velocità* si riferisce invece al processo di generazione e condivisione dei dati ottenuti, in quanto lo scambio di informazioni è costante e i Big Data fanno sì che gli organi all'interno della catena di fornitura siano sempre interconnessi. La *Veridicità* deriva dall'importanza della qualità dei dati e dal livello di fiducia, per questo motivo è necessario monitorare e analizzare costantemente i dati e avere una panoramica precisa di come ogni elemento all'interno della SC comunichi con gli altri organi. Il *Valore* è la conseguenza di queste prime caratteristiche. Ciò vuol dire che se i dati e lo scambio di informazioni sono ben strutturate e aderenti a quello che è il contesto reale, questi possono portare al valore che l'utilizzo dei Big Data crea: una facilitazione del processo di decision making. Nella pratica i metodi statistici applicabili ai Big Data permettono di ottenere, gestire, e analizzare un grande volume di dati anche su più livelli.

I Big Data, migliorando il processo di decision making, sono di fondamentale importanza per coloro che gestiscono e lavorano quotidianamente nella SC, fornendo una più accurata analisi dei dati e delle performance di ogni parte della catena. Alcune prove empiriche, infatti, dimostrano come ci siano molti vantaggi nell'utilizzo dei Big Data all'interno della Supply Chain e del suo Management tra cui, ad esempio, riduzione dei costi operativi e maggior soddisfazione del cliente.

L'analisi dei Big Data, come già detto, permette di utilizzare tecniche statistiche ai fini di avere un supporto per il processo di decision making. In tutte queste macro-aree l'utilizzo dei

BD può essere di molteplice natura: descrittiva, previsiva e prescrittiva. La prima, la forma più semplice di analisi dei Big Data, serve a descrivere ciò che è accaduto in passato. Essa è una analisi di uno o più fenomeni nel corso del tempo, utilizzando tutti i dati disponibili passati per evidenziare dei ciclo-trend e/o una stagionalità nell'avvenimento dei fenomeni che sono oggetto di studio. La seconda forma di analisi serve a prevedere eventi futuri basandosi comunque su dati e analisi passati. La terza si riferisce ai processi e meccanismi di decision making: si basa quindi su metodi che aiutano ad etichettare nuovi dati, che possano supportare il decision making o che prendano decisioni in autonomia. La fase della Supply Chain in cui l'Intelligenza Artificiale viene più utilizzata e sfruttata è la *Logistica* (Figura 5).



Figura 5 - Distribuzione di ogni funzione della SC nell'analisi dei BD (Nguyen et al., 2018 - "Big data analytics in supply chain management: A state-of-the-art literature review")

4.5 - Intelligenza Artificiale e Machine Learning

L'intelligenza artificiale è il mezzo grazie al quale l'utilizzo dei Big Data permette di giungere a soluzioni riguardanti la "presa di decisioni". Più precisamente è la scienza della creazione di "macchine intelligenti", o perlopiù programmi intelligenti. Questo si traduce nell'utilizzo dei computer per studiare e capire l'intelligenza umana, ovvero per ragionare, riconoscere pattern, comprendere e studiare comportamenti per arrivare alla soluzione di un

problema il cui procedimento sarebbe stato troppo complesso e/o costoso da produrre in modo non automatizzato dall'essere umano. Con l'AI, infatti, si è in grado di imparare e comprendere concetti, “ragionare”, trarre conclusioni e svolgere azioni che sostituiscono per certi versi l'essere umano.

Esistono moltissimi modi di implementare algoritmi di Artificial Intelligence, ci sono delle sotto-classificazioni rispetto alle tecniche utilizzate, esse possono essere divise e riassunte in: “thinking humanly”, “acting humanly”, “thinking rationally” e “acting rationally” (*H. Min, 2009*).

Si tratta di tecniche più o meno strutturate e automatizzate che permettono di facilitare e velocizzare, per l'essere umano, i processi di Supply Chain nella fase di decision making.

Uno dei modi più conosciuti per implementare algoritmi è il Machine Learning (ML). Il ML è infatti un ramo dell'AI. Esso racchiude per definizione tutti quegli algoritmi che si pongono come scopo l'emulazione dell'intelligenza umana traendo conclusioni, “imparando dall'ambiente”. In pratica è possibile progettare sistemi che imparino dai dati, così facendo è come se capissero sempre meglio come gestire determinate circostanze e/o situazioni particolari. Lo scopo, infatti, è quello di utilizzare dei modelli di previsione per dati continuamente aggiornati che si basano su analisi già esistenti.

Di solito gli algoritmi di Machine Learning vengono classificati come supervisionati (*Supervised Learning*) o non supervisionati (*Unsupervised Learning*). La differenza principale tra Supervised e Unsupervised Learning è che il primo metodo utilizza in input dati già correttamente “etichettati” per svolgere analisi su nuovi dati; mentre il secondo metodo utilizza dati di input “non etichettati” per svolgere analisi su nuovi dati. Usualmente i metodi supervisionati sono più affidabili in quanto utilizzano come base informazioni già correttamente codificate, con il solo scopo quindi di determinare modelli/funzioni che sarebbero difficili, in termini di tempo, da individuare per l'essere umano.

Capitolo 5 - Stato dell'arte

Per ogni funzione all'interno della Supply Chain ci sono metodi più o meno utilizzati con il fine di manipolare ed interpretare i BD (*Figura 6*), di conseguenza più o meno approfonditamente applicati (*T. Nguyen et al., 2018*).

Structure Dimension		Analytic categories
SC functions	Procurement	Supplier selection, sourcing cost improvement, sourcing risk management (Olson, 2015; Rozados and Tjahjono, 2014; Sanders, 2014, p.132)
	Manufacturing	Product Research and Development (R&D), production planning and control, quality management, maintenance and diagnosis (Meziane and Proudlove, 2000)
	Logistics/ Transportation	Intelligent transportation system, logistics planning and in-transit inventory management (Wegner and Küchelhaus, 2013)
	Warehousing	Storage assignment, order picking, inventory control (Rozados and Tjahjono, 2014)
	Demand management	Demand forecasting, demand sensing, demand shaping (Chase, 2016)

Figura 6 - Classificazione Literature review (T. Nguyen et al., 2018 - "Big data analytics in supply chain management: A state-of-the-art literature review")

In particolare, per quanto riguarda l'approvvigionamento, i metodi applicabili ai Big Data più utili sono quelli che riguardano la valutazione e selezione del/dei fornitore/i, la variazione e fluttuazione dei costi delle risorse, e la valutazione del rischio riguardanti esse. In ambito produttivo l'intelligenza artificiale viene sfruttata maggiormente nella Ricerca e Sviluppo (R&D), pianificazione e monitoraggio della produzione. L'Artificial Intelligence in ambito logistico, invece, è molto utile per progettare e utilizzare sistemi automatizzati di trasporto, pianificare la logistica e per il management dell'inventario in transito. Per quanto riguarda le risorse di magazzino, l'AI viene utilizzata soprattutto per l'assegnazione dei prodotti (cioè la decisione di quali prodotti spedire, immagazzinare o spostare), nel ricevimento degli ordini e nel controllo dell'inventario. Nella gestione della domanda vengono utilizzati per la previsione, per la corretta interpretazione e per il modellamento. Questi rappresentano i vari

aspetti della Supply Chain in cui i Big Data trovano maggiormente applicazione attualmente (Figura 6).

L'utilizzo di metodi per i BD quindi dell'Intelligenza Artificiale o più precisamente del Machine Learning, idealmente implementati in ogni fase della Supply Chain, porta a miglioramenti di gestione dei rischi e delle decisioni da prendere. Infatti grazie all'AI è possibile ottenere e prevedere, ad esempio, la domanda dei clienti (a breve o a medio/lungo termine) e lo stock disponibile e/o mancante, in modo da sfruttare queste informazioni con maggior efficienza, ottimizzando la distribuzione dello stock ai clienti. Allo stesso tempo le tecniche di AI utilizzate nella fase di organizzazione e programmazione dei viaggi, quindi nella rete dei trasporti, portano a minimizzare i costi ottimizzando i principali KPI monitorati in questa fase. L'AI inoltre riduce notevolmente i tempi di decision making all'interno del *purchasing and supply management*, ovvero il processo di decisione di quali beni o servizi forniti produrre e quali invece acquistare esternamente. Prevedere la domanda è essenziale per derivare il volume di lavoro, di produttività e di stock, nonché ottimizzare i KPI relativi anche ai trasporti.

Anche in fase di *order picking* è possibile utilizzare tecniche legate ai BD, in modo da poter avere il prima possibile dati attendibili riguardo il volume di prodotti/servizi richiesti dai clienti. In generale, è possibile utilizzare l'Intelligenza Artificiale all'interno di tutte le aree della Supply Chain.

Nonostante le potenzialità dell'intelligenza artificiale già riconosciute anche in passato, da poco si stanno studiando approfonditamente i metodi più complessi (che richiedono più studio e più tecnologie) legati ai BD (H. Min, 2009).

Inizialmente, a causa della poca conoscenza dell'Artificial Intelligence e delle analisi implementabili sui Big Data grazie ad esse, le analisi erano perlopiù descrittive, mentre le analisi predittive e prescrittive hanno avuto una crescita rapida solo in tempi più recenti (Figura 7).

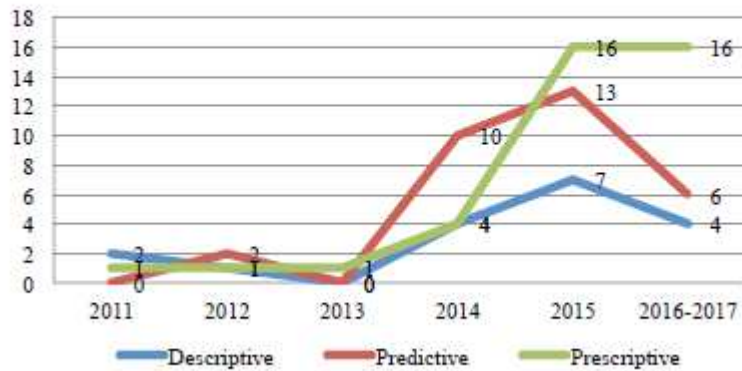


Figura 7 - Distribuzione dei tre tipi di analisi per anno (T. Nguyen et al., 2018 - "Big data analytics in supply chain management: A state-of-the-art literature review.")

Come già detto in precedenza, l'ambito logistico è quello in cui trovano maggiore applicazione l'Artificial Intelligence e il Machine Learning. In particolare l'ottimizzazione dei percorsi e la pianificazione della logistica sono i tipi di analisi più implementati, insieme anche alla classificazione e al clustering (uno dei metodi più utilizzati è il metodo K-means) e a molteplici tecniche usate in tutti e tre i livelli di analisi (descrittive, previsive, prescrittive).

	Procurement	Manufacturing	Warehousing	Logistics,transportation	Demand management	General SCM	Total papers
Optimization	1	5	4	11	0	0	21
Mixed/others	0	4	0	3	0	4	11
Classification	2	5	0	3	0	0	10
Association	2	1	3	2	2	0	10
Semantic analysis	1	1	0	0	6	1	9
Forecasting	1	0	2	2	3	0	8
Simulation	1	3	2	1	0	0	7
Clustering	1	0	0	2	1	1	5
Regression	0	1	1	1	0	0	3
Visualization	0	2	0	0	0	0	2
N/A	1	1	0	0	0	0	2

Figura 8 - Distribuzione degli articoli per i modelli di BDA (T. Nguyen et al., 2018 - "Big data analytics in supply chain management: A state-of-the-art literature review")

In particolare, sono stati svolti degli studi empirici, su alcuni dei paper esistenti, riguardanti la catena di fornitura per capire quali fossero le tecniche legate all'analisi dei BD più studiate e implementate. È emerso che l'ottimizzazione è la tecnica più utilizzata in tutte le fasi della Supply Chain, e che la logistica è senza dubbio la fase in cui è citata maggiormente (*Figura 8*). Ciò vuol dire che la programmazione della logistica e dei trasporti, per le aziende, è la fase in cui vengono studiate tecniche sempre più accurate per minimizzare i costi, massimizzando così i profitti. Al secondo posto delle tecniche più citate nei paper si vede come anche la classificazione sia spesso analizzata, anch'essa in parte all'interno della logistica. Quest'ultima risulta infatti la fase della Supply Chain più studiata nei paper presi come campione. Inoltre le tecniche maggiormente implementate suggeriscono come l'ottimizzazione abbia come obiettivo la minimizzazione dei costi, mentre gli algoritmi di classificazione implementabili mirino ad una corretta fornitura in termini, ad esempio, di frequenza e quantità (*T. Nguyen et al., 2018*).

Capitolo 6 - Analisi

6.1 - Premessa

Come già accennato nell'introduzione, questo studio verrà svolto a livello teorico in quanto l'esperienza di stage, al momento dell'analisi, risultava ancora in fase iniziale. Questa analisi è stata svolta, però, prendendo ispirazione dalle problematiche e complessità affrontate quotidianamente nel corso dell'esperienza, cercando di utilizzare una metodologia che fosse il più calzante possibile con il contesto e le circostanze aziendali. Lo scopo dello studio è quello di minimizzare i costi di trasporto cercando di garantire anche l'equità dei profitti provenienti dai siti produttivi in Italia.

6.2 - Introduzione

Lo scopo della seguente analisi è quello di minimizzare i costi dell'azienda cercando di capire come servire al meglio i clienti già presenti e codificati nel gestionale aziendale, ed

eventualmente anche allocando nel modo più corretto possibile i nuovi clienti. Questo tipo di analisi risulta particolarmente utile all'interno di Air Liquide, in quanto quotidianamente si cerca di fornire al meglio ogni cliente già presente e/o nuovo. Questo è di fondamentale importanza per ottenere un miglior grado di soddisfazione da parte dei clienti, minimizzando i costi di trasporto.

6.3 - Ricerca Operativa

La Ricerca Operativa (Operational Research - OR) rappresenta un insieme di metodi matematici e/o statistici che serve a trovare soluzioni a problemi di natura operativa all'interno di un sistema. Si intende cioè risolvere un problema tramite un insieme di componenti che risultino "correlate", che lavorino in modo funzionale tra di loro. La OR tratta l'analisi e la successiva risoluzione di problemi decisionali complessi tramite l'utilizzo di modelli matematici e/o metodi esistenti per i Big Data come supporto al conseguente processo di decision making.

L'Operational Research è un'analisi fondamentale e utile perchè permette di arrivare alle migliori scelte rispettando dei vincoli di varia natura (posti inizialmente), di solito sono dei vincoli imposti all'azienda (quest'ultima non ne ha il pieno controllo).

Lo scopo dell'OR è quello di supportare infatti il decision making, servendosi di strumenti matematici che supportano la gestione e coordinazione delle attività/risorse (ovviamente limitate all'interno dell'azienda) col fine di massimizzare o minimizzare una *funzione obiettivo*. Nella pratica, la Ricerca Operativa formalizza il problema in un modello matematico e calcola la soluzione ottimale per esso. Infatti, l'obiettivo preliminare è quello di rappresentare numericamente e nel miglior modo possibile il problema. Ciò significa creare un modello che rifletta il più possibile la natura del problema reale. Quando con la ricerca operativa si ottiene una soluzione, è necessario traslare la soluzione numerica alla realtà, quindi al problema nel mondo reale.

L'Operational Research trova applicazioni in molti ambiti, ad esempio di carattere economico e logistico. In questo caso, di solito, l'obiettivo è massimizzare il profitto e/o minimizzare i costi dell'azienda.

6.4 - Spiegazione dell'Analisi

L'Operational Research risulta particolarmente utile quando si ha a che fare con dati su larga scala e complessi (Big Data), per i quali le decisioni operative da prendere non sono scontate e avrebbero bisogno di una lunga operazione di elaborazione.

La prima cosa da definire per utilizzare questo tipo di analisi è l'obiettivo, che solitamente è quantificabile. Per ottenere risultati attendibili, è necessario estrarre più informazioni numeriche possibili. In questo modo si ottiene una panoramica complessiva e più precisa del modo in cui alcune caratteristiche del sistema operativo vadano a influenzare l'obiettivo. Per fare questo, è necessario comprendere a fondo il sistema, ovvero capire come esso lavori e che relazione ci sia tra ogni componente. È di fondamentale importanza quando vengono posti dei vincoli nel problema.

Uno dei metodi più utilizzati quando si parla di Operational Research è il *Linear Programming* (LP). È un metodo con il quale il problema reale viene traslato ad un problema matematico, costruendo un modello con dei vincoli, con l'obiettivo di minimizzare o massimizzare una funzione.

Come già spiegato in precedenza, si tratta di un metodo matematico che permette di facilitare il processo di decision making nel contesto di analisi economica e della logistica. In questo caso si tratta della minimizzazione di una funzione lineare. È un'analisi che si implementa utilizzando tutti gli strumenti già accessibili nel miglior modo possibile per ridurre i costi dell'azienda. Tutto questo è possibile grazie alla trasformazione del problema in un modello matematico.

Lo scopo (in questo caso facendo riferimento ad Air Liquide) è cercare di capire da quale plant servire i clienti basandosi sulla minimizzazione dei costi che si hanno servendo questi

ultimi da un sito produttivo piuttosto che da un altro. L'analisi è calzante perchè molto spesso all'interno dell'azienda è necessario capire in quale plant allocare determinati clienti per svariati motivi. Per esempio, quando ci sono due plant vicini, il risultato è che spesso si hanno dei clienti che potrebbero essere serviti potenzialmente da entrambi i plant, si vuole quindi capire quale scelta sia più conveniente in termini di costi. Un'altra situazione plausibile accade quando l'azienda ha un nuovo cliente e risulta necessario capire come servirlo al meglio. È necessario anche comprendere come calendarizzare temporalmente le zone di fornitura, e la frequenza con la quale il cliente ha bisogno delle consegne dei prodotti. La frequenza deve essere stabilita anche in base alla capacità dei mezzi di flotta utilizzati. Si intendono cioè i mezzi che l'azienda ha di default, senza considerare mezzi aggiuntivi, con costi maggiori. In questo modo è possibile capire quanti e quali clienti sono presenti per ogni zona e quale sia il miglior modo per fornire loro i prodotti. Tutti questi fattori, talvolta portano a voler analizzare tempestivamente la fornitura dei clienti serviti dai vari plant presenti in Italia.

Se questa analisi venisse attuata per tutti i siti in Italia, risulterebbe maggiormente complessa e laboriosa in termini di tempo. La tecnica del Linear Programming, invece, permette di risparmiarne e di ottenere quindi risultati ottimali.

Per questi motivi la tecnica del Linear Programming è la più adatta a rappresentare il problema. È possibile quindi formalizzare quest'ultimo nel seguente modo:

$$\begin{array}{ll}
 c^T x & \text{(Funzione Obiettivo)} \\
 \left\{ \begin{array}{l} Ax \leq b \\ x \geq 0 \end{array} \right. & \text{(Vincoli della Funzione)}
 \end{array}$$

dove x rappresenta un vettore di variabili (da determinare), c e b sono vettori di coefficienti, A è una matrice di coefficienti (A , c e b sono noti) e $(.)^T$ è la matrice trasposta. Quindi in questo caso x è il vettore dei costi, quello da determinare. La funzione da minimizzare (o massimizzare) è chiamata *funzione obiettivo*.

Il modello è formato da tre componenti principali. Il primo fattore rappresenta le *variabili di decisione*, ossia le variabili ignote (per esempio quanti soldi investire o le quantità da produrre). In questo caso, facendo riferimento ad Air Liquide, si parla di costi di trasporto. Il secondo elemento principale è la *funzione obiettivo*. Essa è espressa come una funzione delle variabili di decisione, che poi bisogna minimizzare. Infatti in questo caso si tratta della minimizzazione dei costi di trasporto. Il terzo elemento rappresenta i *vincoli*, cioè le limitazioni o i requisiti che il problema (di minimizzazione) richiede. Essi sono espressi come equazioni o disequazioni in funzione delle variabili di decisione, in questo caso i vincoli sono lineari.

Nel caso oggetto di studio si intendono minimizzare i costi di trasporto per l'azienda Air Liquide, cercando di capire come servire in maniera ottimale alcuni clienti.

Dopo aver definito che cos'è una variabile di decisione, è necessario parlare delle notazioni di ogni variabile. I plant da cui fare partire i trasporti sono A_1, A_2, A_3 (in questo caso vengono presi in considerazione *tre* siti produttivi per semplicità e perchè talvolta l'analisi risulta utile e implementabile anche solo prendendo in considerazione alcuni dei plant). I clienti/aziende a cui mandare la fornitura sono B_1, B_2, B_3, B_4, B_5 (anche in questo caso vengono presi in considerazione solamente *cinque* destinazioni di fornitura per semplicità). La capacità del plant A_i è a_i , con $i = 1, 2, 3$ (cioè la quantità di prodotto che il sito produttivo riesce a tenere nel proprio magazzino, rappresenta quindi l'offerta totale del singolo plant). La domanda di prodotto dei clienti B_j è b_j con $j = 1, 2, 3, 4, 5$ (quindi b_j è la quantità domandata dai clienti, la quantità necessaria per essere soddisfatti). I costi fissi che l'azienda sostiene per trasportare un'unità di prodotto dal plant A_i al cliente o all'azienda B_j sono definiti come C_{ij} . Infine, il numero di unità di prodotto trasportate dal sito produttivo A_i al cliente o all'azienda B_j è definito come X_{ij} .

		PLANT			
		A1	A2	A3	
CLIENTI	B1	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	b ₁
	B2	C ₂₁	C ₂₂	C ₂₃	b ₂
	B3	C ₃₁	C ₃₂	C ₃₃	b ₃
	B4	C ₄₁	C ₄₂	C ₄₃	b ₄
	B5	C ₅₁	C ₅₂	C ₅₃	b ₅
		a ₁	a ₂	a ₃	

Tabella 1 - Costi di trasporto in base alla domanda e all'offerta (M. A. Khan, 2014 - "Transportation Cost Optimization using Linear Programming")

La funzione obiettivo contiene i costi (che sono le variabili di decisione) associati ad ognuna delle variabili. È un problema di minimizzazione:

$$\text{Minimizzare } f = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 c_{ij} x_{ij}$$

I vincoli condizionano la fornitura e la domanda. Nel problema del trasporto c'è un vincolo per ogni plant. Considerando che la quantità di unità di prodotto inviate dal plant A_i è $\sum_{j=1}^5 X_{ij}$

e, siccome la quantità di prodotto disponibile nel plant A_i è a_i , si ha $\sum_{j=1}^5 X_{ij} \leq a_i$ dove $i = 1, 2, 3$. Con questo vincolo si esplicita il fatto che la quantità di prodotto in uscita deve essere minore della quantità di prodotto presente nello stock del plant. Considerando che la

quantità di unità di prodotto inviata a B_j è $\sum_{i=1}^3 X_{ij}$ e, dato che la quantità di unità di prodotto

richieste dal cliente B_j è b_j , bisogna avere che $\sum_{i=1}^3 X_{ij} \geq b_j$ dove $j = 1, 2, 3, 4, 5$. Con

questo vincolo si esplicita e si assume, invece, che la domanda del cliente venga sempre soddisfatta dal plant. Inoltre si assume, naturalmente, che non sia possibile trasportare e

inviare dal plant A_i al cliente/azienda B_j una quantità negativa di prodotto, motivo per il quale deve essere $X_{ij} \geq 0 \quad \forall i, j$.

L'utilizzo dello strumento *Excel Solver* è fondamentale per trovare il costo di trasporto ottimale.

Per prima cosa, vengono scritti i costi da ogni plant ad ogni azienda/cliente:

Costi di Trasporto					
	B1	B2	B3	B4	B5
A1	C_11	C_12	C_13	C_14	C_15
A2	C_21	C_22	C_23	C_24	C_25
A3	C_31	C_32	C_33	C_34	C_35

Tabella 2 - Costi di trasporto (M. A. Khan, 2014 - "Transportation Cost Optimization using Linear Programming")

A questo punto si costruisce un'altra tabella che conterrà spedizione, stock e domanda.

	B1	B2	B3	B4	B5	Total Out	≤	Stock
A1	0	0	0	0	0	0	≤	a_1
A2	0	0	0	0	0	0	≤	a_2
A3	0	0	0	0	0	0	≤	a_3
Total In	0	0	0	0	0			
Domanda	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5			

Tabella 3 - Tabella con i vincoli esplicitati (M. A. Khan, 2014 - "Transportation Cost Optimization using Linear Programming")

Total In è la quantità di unità di prodotto spedite al cliente/azienda B_j dai plant A_1, A_2, A_3 .

Total Out è la quantità di unità di prodotto spedita dal particolare plant A_j ai clienti/aziende B_1, B_2, B_3 . Il passo successivo è creare una cella in cui, inserendo una formula, verrà automaticamente calcolato il costo totale ottenuto sommando unità di prodotto e costo per unità di prodotto. Quindi la funzione *SUMPRODUCT()* permette di moltiplicare il costo di ogni trasporto da A_i a B_j per la quantità di prodotto spedita. Nella cella in cui viene inserita la formula si otterrà il totale dei costi di tutte le celle, sommati (le quantità sono nell'ultima tabella, i costi in quella precedente).

Lo step successivo consiste nell'utilizzo effettivo del Risolutore Excel (Excel Solver), ovviamente impostando lo strumento nel modo corretto. In "Set Objective" verrà inserita la cella appositamente creata per contenere il costo totale, impostare poi "Min" perchè l'obiettivo dell'analisi è la minimizzazione dei costi. Viene chiesto inoltre, come campo di compilazione, anche di scegliere il Solving Method. In questo caso il campo corretto è "Simplex LP".

Il passo seguente è indicare al Risolutore Excel quali siano i parametri variabili, compilare quindi il campo "By Changing Variable Cells" con le quantità utilizzate nella *Tabella 3*.

Come già detto precedentemente, ci sono tre vincoli in questo problema di minimizzazione: "Total Out" deve essere minore o uguale alla quantità di prodotto presente in stock, "Total In" deve essere uguale alla domanda del cliente/azienda, il numero di unità di prodotto da trasportare e spedire deve essere non negativa.

Per aggiungere i vincoli cliccare "Add" della sezione "Vincoli" e compilare. In questo caso selezionare le celle della colonna "Total Out" e porle minori o uguali alle celle della colonna "Stock". Successivamente selezionare le celle della riga "Total In" e porle uguali alle celle della riga "Domanda" dell'ultima tabella. Come ultimo vincolo basta mettere la spunta su "Make Unconstrained Variables Non-negative", così che le quantità in uscite dai plant non possano essere negative.

Impostati così i parametri di Excel Solver, non rimane altro che cliccare sul bottone “Solve”. In questo modo si otterranno le quantità ottime da trasportare dal plant A_i al cliente/azienda B_j in modo da minimizzare il più possibile i costi.

Capitolo 7 - Conclusioni

In questa relazione si descrive una delle analisi implementabili all'interno della multinazionale Air Liquide. In particolare, la tecnica scelta è quella già disponibile in Excel (o Google Spreadsheet) ovvero il Risolitore Excel. È stata scelta questa tecnica di minimizzazione dei costi perchè potenzialmente implementabile all'interno dell'azienda, infatti le variabili di cui tenere conto sono di facile accesso a chi gestisce la logistica e i trasporti. I dati richiesti per questa analisi non necessitano di particolari rielaborazioni, rendendo la risposta alla domanda “*Come poter servire al meglio il cliente B_j ?*” quasi immediata.

Tuttavia, questo metodo trova qualche limitazione. Nell'analisi svolta all'interno dell'elaborato, ad esempio, una delle assunzioni richiede che la quantità di prodotto disponibile nello stock del plant A_i sia superiore alla domanda del cliente B_j . Nella realtà questo non è sempre vero. Sono molteplici i motivi per i quali lo stock può essere più scarso della domanda. Uno di questi ad esempio è che il prodotto possa essere reperito esternamente all'azienda (si necessita quindi di un fornitore esterno). Un'altra limitazione del metodo applicato è che i prezzi potrebbero subire fluttuazioni. Infatti, se si utilizza l'Excel Solver allocando un certo costo di trasporto per ogni unità di prodotto, e il costo di trasporto varia, potrebbe esserci una diminuzione dei profitti per l'azienda e un aumento dei costi che non sono monitorati.

Benchè vi siano alcune limitazioni nell'utilizzo del Risolitore Excel, tramite questo strumento è possibile minimizzare i costi di trasporto, aumentando così i profitti per l'azienda. Le limitazioni del metodo presentato, possono comunque essere monitorate periodicamente, applicando analisi più approfondite alla fluttuazione dei costi e della domanda (reale o meno) e monitorando periodicamente il risultato di queste analisi predittive.

Nonostante tutti i vantaggi che si possono trarre dall'utilizzo dell'Intelligenza Artificiale (gli studi e metodi ad essa legati e il miglioramento progressivo degli strumenti potenzialmente utilizzabili dalle aziende), il mondo dei metodi legati ai Big Data è ancora in fase di miglioramento e studio, motivo per il quale è difficile avere una fotografia chiara di quelli che sono i possibili modi per ottimizzare al meglio i processi di un'azienda (*Y. Riahi et al., 2021*). Solo negli ultimi anni si stanno studiando approfonditamente i Big Data e i metodi statistici ad essi collegati (e quindi l'Artificial Intelligence), e sicuramente il metodo di lavoro cambierà nella maggior parte delle aziende. Si stanno cercando le soluzioni migliori all'ottimizzazione di processi e analisi che contengono una mole molto importante di dati e parametri che variano molto in ogni azienda. Attualmente risulta difficile, per questi motivi, avere risposte univoche a problemi dello stesso tipo.

In particolare, la fluttuazione della domanda può spesso portare a problemi all'interno della catena di fornitura e della sua gestione, motivo per cui un maggior studio dei Big Data risulta fondamentale. Nonostante ciò, si vede come questi siano ancora poco sfruttati in generale e come alcune analisi svolte presso Air Liquide risultano essere di fondamentale importanza per il decision making in diversi step della Supply Chain.

Bibliografia

Ballou R. H. (1995) - “*Logistics Network Design: Modeling and Informational Considerations*”. The International Journal of Logistics Management, Vol. 6 No. 2, (pag. 39-54). <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/09574099510805332/full/html>

Belhadi A. et al. (2021) - “*Building supply-chain resilience: an artificial intelligence-based technique and decision-making framework*”. International Journal of Production Research, Vol. 60. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00207543.2021.1950935>

Chopra S., Meindl P. (2013) - “*Supply Chain Management. Strategy, Planning and Operation*”. Sixth Edition, Pearson. ISBN-13: 978-0132743952.

Dash R. et al. (2019) - “*Application of Artificial Intelligence in Automation of Supply Chain Management*”. Journal of Strategic Innovation and Sustainability, Vol. 14, No. 3. http://www.m.www.na-businesspress.com/JSIS/JSIS14-3/DashR_14_3_.pdf

Goldfarb D., Todd M. J. Todd (1989)- “*Linear Programming*”. Handbooks in Operations Research and Management Science, Vol. 1 (pag 73-170). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0927050789010030>

Khan M. A. (2016) - “*Transportation Cost Optimization Using Linear Programming*”. International Conference on Mechanical, Industrial and Energy Engineering. https://www.researchgate.net/profile/Muztoba-Khan/publication/295907772_Transportation_Cost_Optimization_Using_Linear_Programming/links/56d0147408ae4d8d64a133d3/Transportation-Cost-Optimization-Using-Linear-Programming.pdf

Magnus S. M., Rudra A. - “*Real-time Operational Dashboards for Facilitating Transparency in Supply Chain Management: Some Considerations*”. 21st International Conference on Enterprise Information Systems (pag. 433-443). ISBN: 978-989-758-372-8

Mentzer J. T. et al. (2001) - “*Defining Supply Chain Management*”. Journal of Business Logistics, Vol. 22, No. 2.

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/j.2158-1592.2001.tb00001.x>

Min H. (2009) - “*Artificial intelligence in supply chain management: theory and applications*”. A Leading Journal of Supply Chain Management, Vol. 13.

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13675560902736537>

Moharana H. et al. (2010) - “*Coordination, Collaboration, and Integration for Supply Chain Management*”. Interscience Journals, Vol. 3, No. 4.

<https://core.ac.uk/download/pdf/480907759.pdf>

Monardes-Concha C. et al. (2020) - “*Linear programming based decision support system for grapes transport planning in CAPEL*”. International Transactions in Operational Research, Vol. 30. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/itor.12923>

Nguyen T. et al. (2018) - “*Big data analytics in supply chain management: A state-of-the-art literature review*”. Journal of Business Logistics, vol. 36 (pag. 120-136, 254-264). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305054817301685>

Riahi Y. et al. (2021) - “*Artificial intelligence applications in supply chain: A descriptive bibliometric analysis and future research directions*”. Expert Systems with Applications, Vol. 173. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417421001433>

Richey Jr R. G. et al. (2016) - "*A global exploration of Big Data in the Supply Chain*". International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol. 46, No. 8. <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/IJPDLM-05-2016-0134/full/html>

Schoenherr T., Speier-Pero C. (2015) - "*Data Science, Predictive Analytics, and Big Data in Supply Chain Management: Current State and Future Potential*". Journal of Business Logistics, Vol. 36. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jbl.12082>

Sitek P., Wikarek J. - "*Cost optimization of supply chain with multimodal transport*". Federated Conference on Computer Science and Information Systems (pag.1111-1118). ISBN: 978-83-60810-48-4

Sito ufficiale Air Liquide. <https://it.airliquide.com/>

Toorajipour R. et al. (2021) - "*Artificial intelligence in supply chain management: A systematic literature review*". Journal of Business Research, Vol. 122 (pag. 502-517). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014829632030583X>