



UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE

FACOLTA' DI INGEGNERIA

Corso di Laurea triennale in Ingegneria Gestionale

L'EFFETTO FRUSTA NELLE FILIERE LOGISTICHE

THE BULLWHIP EFFECT IN LOGISTICS SUPPLY CHAINS

Relatore:

Prof. Bevilacqua Maurizio

Tesi di Laurea di:

Di Gregorio Christian

A.A. 2019/2020

SOMMARIO

Introduzione.....	1
1 CAPITOLO 1: LA GESTIONE DELLA SUPPLY CHAIN ATTRAVERSO LA LOGISTICA INTEGRATA	
1.1 L'evoluzione del concetto di logistica.....	3
1.2 La Supply Chain e le sue criticità.....	5
1.3 Incertezze legate alla mutevolezza della domanda.....	8
1.4 L'effetto Forrester.....	11
2 CAPITOLO 2: SINTOMI E CAUSE DELL'EFFETTO FRUSTA	
2.1 Sintomi dell'effetto frusta.....	14
2.2 Cause dell'effetto frusta.....	17
2.2.1 L'impatto dell'incertezza dei parametri della domanda sull'effetto frusta....	18
2.2.2 Gli effetti degli sconti sull'acquisto in grande quantità.....	21
2.2.3 Sindrome da Lead Time.....	23
3 CAPITOLO 3: METODOLOGIE PER ARGINARE L'EFFETTO FRUSTA	
3.1 Coordinamento e condivisione delle informazioni.....	26
3.2 Dimensionamento del lotto economico.....	28
3.3 Unificare le previsioni della domanda.....	30
4 CAPITOLO 4: Il Covid-19 e il suo effetto nella filiera logistica	
4.1 Il legame stretto tra l'effetto frusta e il Covid-19.....	31
Bibliografia.....	34
Ringraziamenti.....	37

INTRODUZIONE

Il seguente lavoro di tesi si propone di sviluppare un'analisi critica dei principali metodi utilizzati per far fronte ad un particolare effetto negativo che si ripercuote, a volte anche in maniera disastrosa [1], all'interno dei processi di gestione della Supply Chain o catena di approvvigionamento: L'effetto frusta o Bullwhip effect o effetto Forrester.

Si è reputato, significativo, lo studio di tale argomentazione in quanto, si è visto come negli ultimi decenni, si è passati da un approccio frammentario e quindi ad un'eccellenza funzionale ad un approccio integrato con eccellenza aziendale, un'eccellenza che cerchi di massimizzare la creazione di valore su tutta la catena logistica. Pertanto, non si ha più una rete tradizionale ma una rete moderna caratterizzata da una grande distribuzione, cioè quella che fa il prezzo, così da spostare il potere da chi produce a chi distribuisce il prodotto. I vari cambiamenti hanno incrementato la competizione tra i vari attori del mercato odierno. Un' economia dinamica richiede prodotti sempre più nuovi, quindi la sopravvivenza dell'azienda richiede la disponibilità di un mix di produzione molto ampio e ogni prodotto del mix aziendale va gestito in maniera correlata con gli altri. L'attenzione costante al prodotto è legata al fatto che esso ha uno specifico ciclo di vita, sempre più breve, poiché il cliente ha aspettative sempre migliori. È compito dell'azienda quindi garantire il soddisfacimento della domanda del cliente attraverso studi di mercato incentrate allo studio del prodotto: definire progetti funzionali, relativi alle prestazioni del prodotto; progetti della forma, tema che sta diventando nel tempo una leva competitiva e determinare un progetto del processo di produzione ai fini di stabilire il grado di accettabilità del prodotto che sia il più in linea possibile con le richieste del cliente. Quest' aspetto ha portato all'evoluzione della fabbrica moderna obbligandola a incrementare l'efficacia e l'efficienza, aspetti fondamentali su cui si basa la logistica, dei processi produttivi (flusso fisico e flusso informatico) in modo da renderle più reattive ai cambiamenti e flessibili di fronte ad un ambiente sempre più mutevole. Un'azienda che riesce a gestire queste problematiche sarà competitiva viceversa, una Supply Chain non gestita

efficacemente sarà intrinsecamente instabile. L'efficienza e i costi di approvvigionamento sono generalmente influenzati dalla variabilità della domanda, soprattutto nei livelli a monte. L'evidenza empirica dimostra che la variabilità della domanda, all'interno della Supply Chain, tende ad essere amplificata man mano che ci si sposta a monte nella catena di fornitura. Quest'effetto è proprio l'effetto frusta [2]. Il lavoro di tesi consisterà nell'esaminare sintomi e cause che generano o innescano questo effetto all'interno della Supply Chain e a delle possibili metodologie su come contrastarlo.

CAPITOLO 1: La gestione della Supply Chain attraverso la logistica integrata

1.1 EVOLUZIONE DEL CONCETTO DI LOGISTICA

Etimologicamente il termine Logistica deriva dal greco "logistikos" (λογιστικός) che significa "che ha senso logico", a sua volta derivato da "lógos" (λόγος), "parola" o "ordine", per i greci infatti i due concetti erano strettamente collegati ed espressi con la stessa parola [3]. Pertanto, la logistica era una branca della matematica, seppur già indirizzata in qualche modo all'economia e alla gestione degli aspetti monetari. In realtà però il concetto di logistica nasce proprio come disciplina militare. Il primo evento infatti, storicamente documentato, risale al 2250 a.C. a Lagash in Babilonia quando questa città, in guerra con la città rivale Umma, decide di modificare il proprio sistema di equipaggiamento da auto equipaggiamento ad uno formale, creando un corpo militare specializzato nello stoccaggio, trasporto e distribuzione di armi, nell'approvvigionamento, munizioni e vettovaglie.[1]

Ma è proprio con l'avvento della Seconda Guerra Mondiale che la logistica acquisì un ruolo decisivo sia per lo svolgimento sia per i suoi esiti: fu dunque guerra totale, per la prima volta anche in questo settore. Se già durante la Grande Guerra erano già comparse molte innovazioni, fu solo nel secondo conflitto Mondiale che queste assunsero un'importanza enorme in quanto si dovettero affrontare complesse sfide in termini di gestione dei soldati, risorse e trasporto merci su ampi fronti. Emerse da qui il concetto di logistica come coordinamento e organizzazione di truppe, pianificazione dei mezzi finanziari e di un sistema di trasporto sufficientemente sicuro all'interno di un territorio nemico. L'evoluzione logistica ha subito un cambiamento che lungo la linea del tempo si misura in circa 60 anni e che conduce ai moderni modelli gestionali della logistica integrata.

L'evoluzione del concetto si è pertanto modificata di pari passo con i cambiamenti di visione che le aziende hanno adottato nei suoi confronti, ragion per cui è rilevante considerare che, la nozione di logistica è di difficile definizione. Una definizione che può essere considerata universale e di dottrina è quella fornita nel 1976 dal National Council of Physical Distribution Management:

“ la logistica è quel processo volto all’integrazione di due o più attività con lo scopo di pianificare e controllare in maniera efficace e efficiente il flusso di materiali, materie prime e semilavorati, dai punti di origine ai punti di consumo.” [4]. Negli anni Cinquanta e Sessanta, la logistica era orientata alla produzione e alla distribuzione del prodotto con lo sviluppo non coordinato delle funzioni aziendali. Il suo ruolo era definito nel supportare attività legate all’organizzazione dei magazzini, dei trasporti e in genere delle attività produttive tentando di razionalizzarle il più possibile ritenendo che la maggior parte dei costi sostenuti sia di origine produttiva. Bisognerà attendere il decennio successivo per poter intravedere delle timide forme di evoluzione della logistica, causate anche da un leggero calo della domanda in quel periodo, quando cioè le aziende iniziarono a concentrare le proprie attenzioni sui trasporti e quindi al soddisfacimento del cliente garantendo un adeguato livello di servizio. La logistica assume, oltre a un ruolo tattico, un chiaro ruolo strategico e un punto di forza su cui puntare per garantire la competitività aziendale. Ma è con gli anni Ottanta che, con le nuove logiche gestionali (quali il Material Requirements planning, Just in Time, ecc.) l’attenzione dei direttori aziendali si sposta su quella che è la gestione dei materiali, cioè tutte quelle attività volte ad assicurare e garantire una corretta movimentazione e una pianificazione del rifornimento di essi, ai fornitori. Ma la trasformazione più risolutiva e radicale del concetto si avrà solo in un successivo momento, quando verrà intesa come una combinazione di funzioni interdipendenti che si svolgono all’interno di un’impresa un mezzo da utilizzare per il raggiungimento di più elevati livelli prestazionali. Nasce così il concetto di logistica integrata che, nel 1986 è definito come *“ un processo per mezzo del quale pianificare, attuare e controllare il flusso delle materie prime, semilavorati e dei prodotti finiti, e dei relativi flussi di informazione, dal luogo di origine a quello di destinazione, in modo da renderlo il più possibile efficiente e conforme alle esigenze del cliente.”* [4] Da qui, alla nascita del concetto di Supply Chain Management (SCM) è breve. Le aziende prendono coscienza che una corretta gestione e il miglioramento dei flussi all’interno della catena logistica non possa prescindere dal coinvolgimento degli attori esterni (lo stesso cliente per esempio ma anche fornitori, distributori, partners

commerciali ecc.) e la logistica cambia forma e obiettivo. La logistica pertanto passa da avere un ruolo accessorio ad uno puramente strategico anche dovuto al forte impatto della globalizzazione che ha spronato aziende ad operare in un mercato dove la flessibilità, la velocità e il servizio sono requisiti indispensabili. Si sviluppa il concetto di connessione continua e l'idea di operare continuamente con il cliente e terzisti iniziando a delinearsi il modello di "Supply Chain" (SC).

1.2 LA SUPPLY CHAIN E LE SUE CRITICITÀ

Tradotto in maniera letterale, la locuzione Supply Chain significa ‘catena di approvvigionamento’. Approvvigionare il magazzino, così come una corretta disposizione dei materiali in esso rappresentano dei requisiti importanti ai fini di garantire la sicurezza di un livello di scorte sufficiente a rispondere alle esigenze dei clienti anche in quei periodi dove le variabili aleatorie potrebbero influenzare la domanda andandola a incrementare (e/o diminuirla). Capiamo subito che, senza supply chain sarebbe difficile anzi quasi impossibile per l’azienda vendere prodotti in quanto non avrebbe modo di calcolare il costo dei beni e i profitti ottenuti, poiché mancherebbero informazioni sui costi delle materie prime, i costi di produzione e fornitura dei prodotti. Nell’ 1973 Forrester afferma: *“Management is on the verge of a major breakthrough in understanding how industrial company success depends on the interactions between the flows of information, materials, money, manpower, and capital equipment. The way these five flow systems interlock to amplify one another and to cause change and fluctuation will form the basis for anticipating the effects of decisions, policies, organizational forms, and investment choices.”* [5] Già Forrester aveva così marcato l’importanza per un’azienda di avere una logistica ben sviluppata. Egli infatti afferma che il successo di un’industria dipende dalle interazioni tra i flussi informativi, dei materiali, denaro, manodopera e attrezzature di capitale. Afferma inoltre che è la combinazione di questi cinque fattori, che si intersecano tra loro per amplificarsi a vicenda, a costituire la base per anticipare gli effetti di decisione, forme organizzative e valutazione di investimenti. Il successo di un’azienda non si ottiene semplicemente con la gestione delle attività caratteristiche, ma dipende anche dalle interazioni che l’impresa instaura fra i vari attori di tutta la catena logistica. È intuitivo quindi comprendere che il successo competitivo è fortemente influenzato dalle relazioni che si instaurano a monte con i diversi livelli di fornitura e a valle con il cliente finale. Nasce così il concetto di Supply Chain Management un’attività che ha come scopo quello della supervisione dei materiali, le informazioni, e i flussi finanziari che si muovono tra le seguenti figure: produttori, fornitori, rivenditori e clienti. Negli anni sono state diverse le definizioni attribuite alla parola

Supply Chain. La Londe e Masters hanno proposto che una catena di approvvigionamento sia un insieme di aziende che trasmettono i materiali. Allo stesso modo, Lambert, Stock ed Ellram definiscono una catena di approvvigionamento come l'allineamento di aziende che portano prodotti o servizi sul mercato. Si noti che questi concetti di catena di fornitura includono il consumatore finale come parte della catena di fornitura. Un'altra definizione rileva che una catena di fornitura è la rete di organizzazioni che sono coinvolte, attraverso collegamenti a monte e a valle, nei diversi processi e attività che producono valore sotto forma di prodotti e servizi forniti al consumatore finale (Christopher 1992). In altre parole, una catena di approvvigionamento è composta da più aziende, sia a monte (cioè fornitura) che a valle (cioè distribuzione) e dal consumatore finale. [5]

Da come è stata descritta si evince che, la Supply Chain è un insieme molto complesso che rende il suo funzionamento molto intrigato e facilmente soggetto a rotture e impedimenti. Tra le cause principali ci sono fattori generali quali eventi naturali, politica, economia, conformità legale, reputazione [6], lo stesso forte impatto della globalizzazione e quindi la sempre più crescente pressione competitiva ma anche fattori più specifici all'interno della filiera logistica come l'aumento dei codici, l'incremento del numero di consegne e la diminuzione dei lead time, l'ampliamento delle informazioni da gestire ecc. Volendo riassumere i principali sintomi che permettono di individuare una Supply Chain non correttamente funzionante, se ne evidenziano:

- Variabilità della domanda;
- Problemi con i fornitori: (scarsa qualità dei prodotti, consegne in ritardo ecc.);
- Mancata focalizzazione del cliente finale: (non è importante quale ruolo si giochi all'interno della Supply Chain se il cliente finale non acquista il prodotto nessun attore della catena può sentirsi vittorioso. È importante quindi conoscere il cliente in tempo reale così da poter scegliere il giusto prezzo per il prodotto giusto nel giusto momento.);
- Mancanza di visibilità o capacità di risposta sulle questioni che interessano globalmente l'intera Supply Chain: (non è possibile, infatti, risolvere i problemi se non si ha la piena conoscenza della loro esistenza ma la capacità di percepire i problemi non servirebbe a nulla

se non fosse possibile rispondere al problema stesso per poterlo superare. È bene quindi che ci sia piena visibilità in tempo reale su tutte le aree relative alla Supply Chain);

- Rottura o malfunzionamenti delle macchine;
- Incertezze legate ai trasporti. [7]

Una, però delle criticità più importanti legate ad un non corretto funzionamento della SC, si lega al processo di previsione ed è il cosiddetto ‘‘Effetto Forrester’’ conosciuto anche come principio di accelerazione. Questo principio può creare malcontenti all’interno dell’azienda penalizzando fortemente i vari attori della Supply Chain. Nel sotto capitolo 1.4 approfondiremo l’origine di tale evento e nei successivi capitoli analizzeremo più nel dettaglio come cercare di arginarlo proponendo alcuni metodi per provare a minimizzarlo.

1.3 INCERTEZZE LEGATE ALLA MUTEVOLEZZA DELLA DOMANDA

Abbiamo già visto, nel sotto capitolo precedente come sia un punto focale della Supply Chain saper gestire la domanda e di come la variabilità di essa possa innescare rotture o impedimenti. Ci soffermiamo a parlare di quest' argomento poiché, una previsione accurata della domanda in un ambiente incerto è uno dei compiti vitali per migliorare le attività della catena di approvvigionamento perché l'incremento degli ordini e quello delle scorte sono direttamente proporzionati al modo in cui viene prevista la domanda. [8] Basti pensare a tutti i casi in cui la produzione di un bene avviene in anticipo rispetto al concreto manifestarsi della sua domanda sul mercato (gestione a fabbisogno o *push*). Nonostante i cicli di vita dei prodotti sempre più brevi dovuti a richieste sempre più rapide dei clienti e i costi ridotti del prodotto/servizio, l'idea di garantire "qualsiasi prodotto, in qualsiasi momento e in qualsiasi modo" è ora possibile grazie ai nuovi processi tecnologici e di trasporto. Le aziende contemporanee che hanno dovuto affrontare queste sfide hanno affrontato in modo più flessibile le incertezze emergenti nelle loro filiere logistiche.[9] L'incertezza è generalmente definita come eventi futuri sconosciuti che non possono essere previsti quantitativamente entro limiti utili, rendendo così imprevedibile il verificarsi dell'incertezza. Dati gli imperativi di un'intesa concorrenziale globale, gli acquirenti, con esigenze e desideri, dominano il mercato e presentano le loro esigenze personalizzate e particolarizzate. Ciò rende il cambiamento della domanda rapido e difficile da prevedere. Queste previsioni poiché molto spesso basate su dati storici risultano raramente accurate rendendo la pianificazione dell'approvvigionamento e dell'inventario instabili e soggetta a errore.[9] Una previsione non accurata si tradurrebbe immediatamente in costi insostenibili che potrebbero essere neanche sufficienti a garantire un livello di servizio adeguato. La revisione più recente della letteratura sulle operazioni di gestione della Supply Chain identifica, ovviamente, la previsione della domanda come una delle dodici aree di interesse della ricerca. [10] Fattori relativi a informazioni contestuali come promozioni di vendita, cambiamenti climatici/meteorologici, variazioni di prezzo, problemi di deperibilità, cambiamenti del livello di servizio, alterazioni nei piani strategici, eliminazioni di

prodotti e sviluppo di nuovi prodotti spesso non sono completamente incorporati nelle tecniche di previsione statistica ed è pertanto importante includere i giudizi degli esperti in modo da rendere più accurate le previsioni statistiche. Il giudizio umano, in definitiva, non può che non essere parte integrante per la previsione della catena di approvvigionamento. In questa sezione abbiamo focalizzato l'attenzione su quelle che sono i motivi per cui la domanda varia e cosa innesca questo cambiamento aleatorio. In passato d'altronde, molti studi hanno analizzato l'effetto negativo di certe incertezze legate alla fluttuazione della domanda identificando, L'effetto Forrester o Bullwhip effect (BWE), come una delle principali manifestazioni di incertezza.[8] D'ora in poi ci limiteremo ad affrontare quest' argomento nello specifico partendo da l'origine di questo effetto.

1.4 L'EFFETTO FORRESTER

Il termine effetto frusta è stato coniato per la prima volta da Procter & Gamble negli anni '90, per riferirsi al fenomeno di varianza dell'ordine (aumento o diminuzione) osservato tra P&G e i suoi fornitori. È interessante notare che un fenomeno simile è stato storicizzato anche negli anni '10 (Schisgall, 1981). Pertanto, il fenomeno può essere comunemente riscontrato in quasi tutti i settori e la figura 1 rappresenta come l'effetto frusta si possa osservare in quattro serie temporali differenti e vedere chiaramente l'aumento della variazione tra domanda e ordini di produzione, nelle catene di approvvigionamento reali.[11]

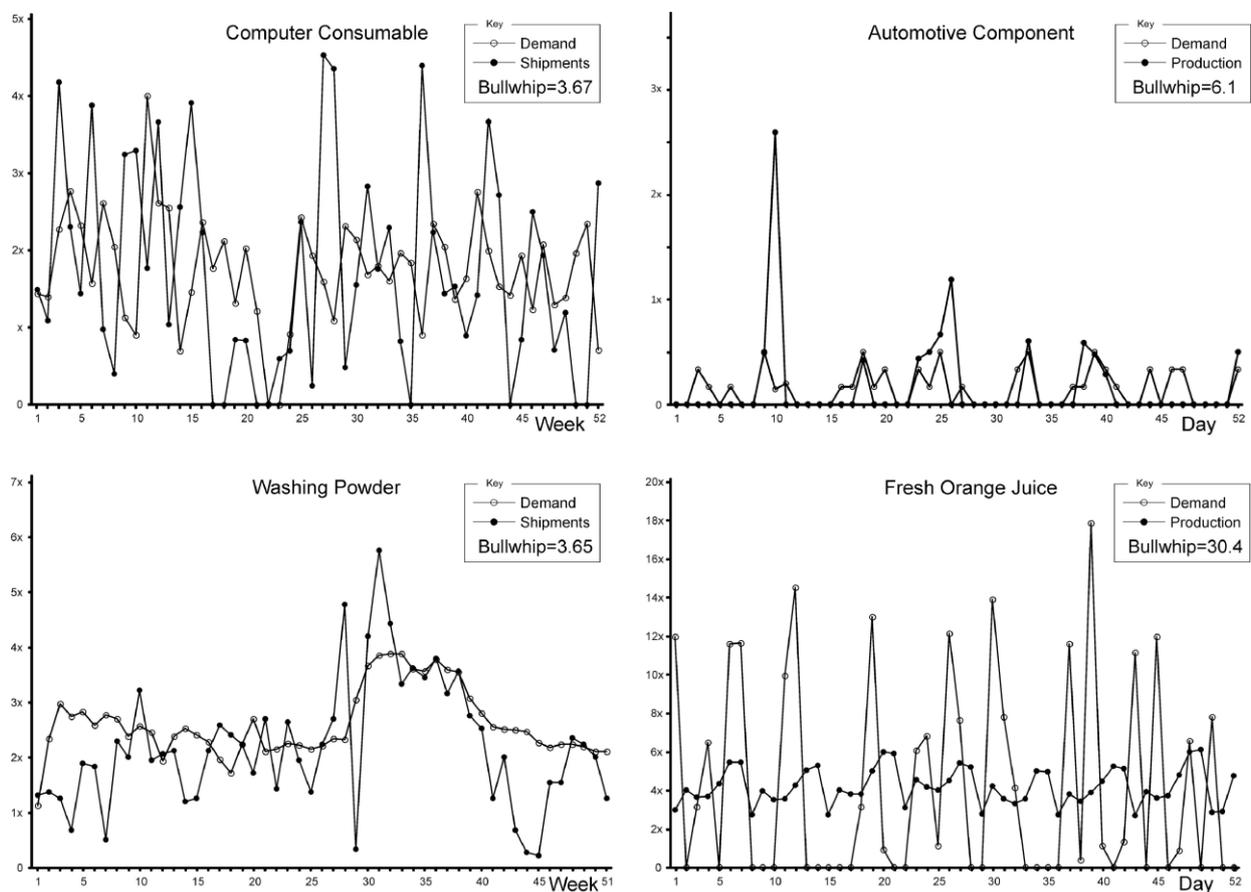


Figura 1-evidenza empirica dell'effetto frusta

Il fenomeno dell'amplificazione della variabilità della domanda è stato studiato per la prima volta alla fine degli anni '50. (Forrester 1958) Forrester fu uno dei primi studiosi a osservare che una fluttuazione del volume del 10% a livello del punto vendita porta a una variazione del volume di

produzione del 40% circa sei mesi dopo.[12] Da allora, molti ricercatori hanno studiato l'effetto frusta sia dal punto di vista empirico che analitico, modellando questo fenomeno, simulandolo, comprendendone i fattori di rischio e cercando possibili rimedi.[13] Il fenomeno rappresenta uno dei concetti più popolari e celebrati nel campo della gestione e ricerca delle operazioni. Il termine "frusta" è stato coniato per descrivere l'evento mediante il quale una lenta domanda dei consumatori crea grandi oscillazioni dei fornitori o in genere man mano che ci si sposta dal cliente verso la postazione più a monte, cioè il capo opposto, dell'intera Supply Chain.[11] Nel corso degli anni, gli studi hanno evidenziato che i costi del bullwhip giocano un ruolo fondamentale in alcune industrie. L'effetto frusta è "presumibilmente" osservato in molte catene di approvvigionamento ed è generalmente accettato come un potenziale effetto negativo. Nonostante ciò l'effetto frusta sembra ancora essere prima di tutto un fenomeno concettuale. Alcuni addirittura negano semplicemente che il fenomeno esista nella pratica. Questo ovviamente rende importante eseguire misurazioni perché solo "ciò che viene misurato viene fatto", come si suol dire nell'analisi. La procedura di analisi dell'effetto frusta è un processo di stima quindi un'analisi statistica che implica, necessariamente, la presenza, seppur marginale, di un'incertezza. Tale incertezza di misura nasce principalmente per due motivi: in primo luogo, per la mancanza strutturale dell'evento stesso e di quello che c'è dietro il fenomeno misurato e, in secondo luogo, il livello generale di rumore presente nei dati applicati. Volendo pertanto fornire un'interpretazione matematica del bullwhip effect, seguendo il Chen, configurazione di Drezner, Ryan e Simchi-Levi, il fenomeno (BWE) può essere espresso semplicemente come il rapporto tra due varianze e calcolato come segue:

$$\text{BWE} = \frac{\text{Var}(\text{Order Quantities})}{\text{Var}(\text{Sales Volumes})};$$

cioè il rapporto tra la varianza delle quantità degli ordini di rifornimento e la varianza dei volumi di vendita in uno scaglione. Tuttavia secondo Miragliotta, il metodo più comune del BWE in ogni scaglione è l'*Order Rate Variance Ratio (ORVrR)*, dove la misura della varianza è sostituita con il coefficiente di dispersione:

$$ORVrR = \frac{\sigma_{Order\ Quantities}^2 / \mu_{Order\ Quantities}}{\sigma_{Sales\ Volumes}^2 / \mu_{Sales\ Volumes}}$$

Per misurare il BWE sull'intera Supply Chain (SC), Canella et al., sulla base degli studi di Dejonckheere et al., ha sviluppato una serie di metriche pendenza lineare o in inglese slope. Quelle più pertinente risulta essere il *BWE slop* che misura l'amplificazione degli ordini man mano che ci si sposta a monte della SC. Una pendenza positiva significa che la fluttuazione dell'ordine aumenta a monte del SC, mentre una negativa mostra una diminuzione della variazione nei livelli superiori. La formula si applica alla misurazione della variazione dal livello 2 in su, poiché il livello 1 rappresenta la base per il calcolo.

$$BULLWHIP\ SLOPE = \frac{K \sum_{i=1}^K p_i ORVrR - \sum_{i=1}^K p_i \sum_{i=1}^K ORVrV}{K \sum_{p=1}^K p^2 - (\sum_{i=1}^K p_i)^2}$$

Dove K è il numero totale di scaglioni nella SC considerata e p_i è la posizione dello scaglione i nella Supply Chain (livello 1, livello 2, livello 3 ecc.).[12] L'effetto frusta ha anche uno stretto legame con la produzione snella (Ohno 1988). In effetti Ohno discute i vantaggi dell'evitamento delle fruste: "La tartaruga più lenta ma consistente causa meno sprechi ed è molto più desiderabile della lepre veloce che corre davanti e poi si ferma di tanto in tanto per sonnecchiare. Il Toyota Production System può essere realizzato solo quando tutti i lavoratori diventano tartarughe ". Dagli anni '90 è emersa e continua a emergere una grande quantità di letteratura sull'effetto Forrester, i suoi sintomi, cause, approcci e rimedi. Una ricerca nel Web of Science con la parola chiave "effetto frusta" restituisce 582 articoli, evidenziando un forte interesse accademico.[11] Questo stesso discorso può essere facilmente esteso se pensiamo alla situazione di emergenza che oggi giorno viviamo e di come, alcune aziende (farmacie, supermercati ecc.) abbiamo riscontrato un improvviso e significativo aumento di domanda causandone una variazione e intrinsecamente favorendo l'innescò dell'effetto frusta.

CAPITOLO 2: Sintomi e cause dell'effetto frusta

2.1 SINTOMI DELL'EFFETTO FRUSTA

In questo capitolo si discuterà dei possibili fattori causanti l'effetto Forrester. In prima analisi, però, si renderà necessario discutere quali possono essere i possibili sintomi che porteranno alla comparsa dell'effetto frusta. Come è ovvio dalla sua definizione, l'effetto Bullwhip colpisce in particolare i livelli più alti della catena di approvvigionamento, come i produttori. Per evitare che si propaghi in modo aggressivo a monte e quindi danneggi le operazioni di tutti i partner della catena di fornitura, i manager devono capire perché si verifica. Disney e Lambrecht (2008) hanno evidenziato che questo fenomeno emerge attraverso l'interazione di componenti comportamentali e operative. Le cause comportamentali del problema Bullwhip, studiate in dettaglio da Croson e Donohue (2006), derivano dal fatto che le decisioni manageriali non sono sempre completamente razionali; piuttosto, i responsabili delle decisioni comunemente reagiscono in modo eccessivo o insufficiente ai cambiamenti della domanda. In questo modo, i manager sottopesano ripetutamente la catena di approvvigionamento durante l'emissione degli ordini e le loro previsioni sono spesso influenzate dall'eccessiva fiducia, come osservato da Serman, 1989, Ancarani et al., 2016 attraverso esperimenti di *Beer Game*. Le cause operative dell'Effetto Bullwhip si riferiscono principalmente a fonti di distorsione delle informazioni lungo tutta la catena di approvvigionamento.[11] Nel 1992 Hau L. Lee, professore dell'Università di Stanford in California, uno dei centri di ricerca sul SCM più importanti al mondo, e Corey Billington, manager della Hewlett-Packard, azienda pioniera nell'adozione del SCM, hanno pubblicato sulla prestigiosa rivista "*Sloan Management Review*" un articolo intitolato "*Managing Supply Chain Inventory: Pitfalls and Opportunities*". [14] Successivamente gli studi nel 1997, hanno proposto una lista più sintetica di questi quattordici sintomi di presenza di effetto frusta:

- Il livello di scorte non adeguato: Qui, per esempio, sono incluse inefficienze legate a politiche semplicistiche di stoccaggio dell'inventario, la poca considerazione verso l'impatto delle incertezze ecc. Detenere un quantitativo di scorte eccessivo non è mai sintomo di una gestione sana, in quanto, queste comportano notevoli costi di mantenimento, costi di magazzino e di obsolescenza che vanno a gravare sul bilancio aziendale. D'altra parte, però, le scorte rappresentano un bene prezioso per l'impresa, sia perché consentono di fronteggiare gli imprevisti dovuti, ad esempio, a ritardi delle forniture o a picchi della domanda, sia perché permettono di non modificare i ritmi di produzione e i tempi di approvvigionamento;
- Nessuna metrica della catena di approvvigionamento: Sebbene le prestazioni complessive della filiera logistica dipendono dalle prestazioni di ciascun sito, di solito ogni sito è gestito da team abbastanza autonomi, ognuno con dei propri obiettivi e missioni. Questi obiettivi possono avere poco a che fare con le prestazioni complessive dell'intera catena di approvvigionamento e/o con gli obiettivi di altri team. Peggio ancora, questi obiettivi possono essere in conflitto tra loro causando inevitabilmente un'inefficienza su tutta la catena della Supply Chain. In definitiva, piani di produzione in continuo cambiamento rappresentano un sintomo dell'effetto Forrester. Pianificare la produzione è importante per definire la quantità da produrre per ogni famiglia di prodotti andando ad assegnare in maniera adeguata ogni risorsa necessaria per la fabbricazione ad ogni prodotto da realizzare identificando in maniera chiara e corretta la capacità produttiva disponibile in relazione con quella effettiva in modo da poter definire il quantitativo di scorte che sarà necessario tenere in magazzino.
- Capacità produttiva non commisurata: La capacità produttiva nell'economia della produzione rappresenta il quantitativo di output che l'azienda riesce a garantire in base alle sue risorse in un dato periodo di tempo t e in certe condizioni di funzionamento. Necessariamente, da ciò si evince che, un'azienda con capacità produttiva inefficiente o

eccessiva, è un'azienda che non riesce ad ottimizzare il rapporto tra input e output in un certo periodo di tempo causando danni all'intera Supply Chain. [14]

Tuttavia, questi non sono gli unici sintomi, quindi le conseguenze negative, che tale effetto può causare nella Supply Chain altri possono essere: scarso coordinamento, sfasamenti e ritardi, inevasi frequenti, previsioni di vendita inefficienti ecc. Se si manifestano questi fattori, allora, si può constatare la presenza di quei sintomi preliminari che all'interno di un'azienda, portano alla comparsa dell'effetto frusta (BWE). Questi sono i principali sintomi dell'effetto Bullwhip, ma per fortuna oggi esistono soluzioni in grado di ridurre drasticamente, fino quasi annullare, tale fenomeno del settore manifatturiero.[15]

2.2 CAUSE DELL'EFFETTO FRUSTA

Secondo Serman la gestione della catena di fornitura rappresenta un esempio di un'attività decisionale dinamica che coinvolge feedback ritardati e indiretti e che quindi rende difficile il compito, da parte dei decisori, di controllare le dinamiche. Inoltre, nel processo sono coinvolti più agenti, la cui performance dipende dalla qualità delle decisioni degli altri membri della catena di fornitura, e quindi è soggetta al rischio di coordinamento che può innescare instabilità nel sistema (Croton et al., 2005). L'effetto Bullwhip quindi è una difficoltà comune che può instaurarsi all'interno di un'azienda e ha ottenuto una crescente attenzione da parte degli accademici e dei professionisti della catena di approvvigionamento. Infatti, molti studi affermano che l'effetto emerge principalmente a causa della razionalità limitata dei vari attori dell'intera Supply Chain: mancanza di coordinamento, informazioni distorte e ritardo nella trasmissione delle informazioni dalla vendita al dettaglio alla produzione. Come definizione, BWE appare quando un membro a valle nella catena di approvvigionamento distorce le sue richieste reali ed emette ordini contenenti una grande varianza e questa distorsione della domanda si diffonde al suo membro a monte causando un rafforzamento della domanda. [16] Una quantità significativa di ricerche può essere trovata nella letteratura riguardante BWE dove si concentrano principalmente sull'individuazione e comprensione delle cause. Sono state avanzate due categorie di spiegazioni. Lee et al. (1997) identificano quattro cause operative del problema: errori nell'elaborazione del segnale della domanda e alla sua previsione, batch di ordini (dimensionamento del lotto da ordinare), nelle variazioni di prezzo e tempo di consegna; illustrando una serie di strategie operative per smorzare l'effetto. La seconda categoria si concentra sulle cause comportamentali dell'effetto. Le cause comportamentali vengono solitamente studiate in laboratorio perché fornisce modi per eliminare le cause operative, cosa impossibile da fare sul campo. L'esistenza delle cause comportamentali dell'effetto frusta è stata dimostrata in una varietà di contesti di laboratorio e da molti ricercatori diversi come Serman, Croson, Donohue et al.[17] Cercheremo ora di analizzare più nel concreto le cause che innescano questo effetto mediante opportuni esempi.

2.2.1 L'impatto dell'incertezza dei parametri della domanda sull'effetto frusta

Cercheremo di capire come l'incertezza relativa alla previsione della domanda e quindi ai parametri che la caratterizzano, condizionano l'effetto frusta. Uno studio reso pubblico sulla rivista *Science Direct* studia una catena di fornitura di un singolo prodotto a due livelli con la domanda finale distribuita secondo un modello autoregressivo (AR) noto ma con parametri sconosciuti. I risultati mostrano che l'effetto frusta è influenzato da parametri sconosciuti ed è influenzato dalla frequenza con cui vengono aggiornate le stime dei parametri. Per ridurre i costi relativi alla frusta, le aziende possono affrontare il problema di identificare l'insieme di prodotti (nel loro intero assortimento) che sono interessati dalla frusta (quindi quelli su cui concentrarsi) e di quantificare la dimensione e la natura dell'investimento da intraprendere per ridurre questo effetto: i cosiddetti driver di frusta. Sebbene sia utile identificare i driver di frusta, è anche necessario quantificare il loro effetto. È qui che le ipotesi formulate nei modelli analitici possono renderle fuorvianti. Ad esempio, un modello può sovrastimare i vantaggi della condivisione delle informazioni, il che potrebbe portare a un investimento sbagliato nell'implementazione di nuovi sistemi informativi. I modelli analitici in letteratura generalmente presumono che il processo della domanda finale e i suoi parametri siano noti (p. Es., Chen, Drezner, Ryan, Simchi-Levi, 2000 , Chen, Ryan, Simchi-Levi, 2000 , Lee, So, Tang, 2000). Tuttavia, nel mondo reale, né il processo di generazione della domanda finale né i suoi parametri sono noti con certezza. L'esperimento mira a fornire stime più accurate dell'effetto frusta, per la domanda finale AR, rompendo una delle ipotesi normalmente fatte riguardo al processo di domanda finale. Nello specifico, presuppone che i parametri della distribuzione della domanda siano sconosciuti. Per andare verso modelli analitici più realistici, il lavoro documentato parte dal quadro analitico analizzato nel lavoro seminale di Lee et al. (2000) e infrange uno dei suoi presupposti chiave. In Lee la domanda finale segue un processo autoregressivo stazionario AR (nessuna incertezza sul processo) i cui parametri sono noti (nessuna incertezza sui parametri). In questo lavoro, invece, si presume che il processo AR sia noto (nessuna incertezza sul processo), ma si presume che i parametri del processo siano sconosciuti e sono stimati da uno stimatore

approssimativamente imparziale (incertezza sui parametri). La domanda è prevista tramite la previsione dell'errore quadratico medio minimo. Poiché i risultati di questo articolo vengono confrontati con i risultati di Lee et al. (2000), si può apprezzare l'impatto dell'incertezza nei parametri della domanda. Il primo contributo di questo lavoro è dimostrare che non conoscere i parametri della domanda ha un impatto sull'effetto frusta. L'analisi mira anche a capire quali caratteristiche della domanda e delle scorte amplificano questo effetto. Particolare attenzione è data per dimostrare che un parametro autoregressivo negativo (ma sconosciuto) può talvolta portare ad un effetto frusta positivo per un processo di domanda AR, contrariamente al caso dei parametri di domanda noti (Lee et al., 2000). Il sistema di riferimento analizzato in Lee et al. (2000) (e in questo lavoro) è una catena di fornitura a due livelli per un singolo prodotto composta da un rivenditore e un produttore. La domanda affrontata dal rivenditore è un processo AR stocastico:

$$d_t = \tau + \rho d_{t-1} + \epsilon_t$$

dove d_t è la domanda al tempo t , τ un parametro costante, ρ il parametro autoregressivo, ϵ il termine di errore del modello e t l'indice temporale. Il problema affrontato dalla simulazione è accertare se non conoscere i veri valori dei parametri della domanda amplifichi la frusta. Pertanto, la simulazione viene eseguita per verificare l'impatto dell'incertezza nei parametri della domanda sull'effetto frusta confrontando i due sistemi precedentemente descritti. La frusta che caratterizza un sistema con parametri di domanda noti può essere prevista dalla formulazione analitica:

$$BE^{(K)} = \frac{\rho^2}{(1-\rho)^2} \left(\frac{\rho^{2l+4}(1-\rho)}{1+\rho} + (1-\rho^{l+2})^2 \right) \quad l \text{ rappresenta il Lead Time.}$$

Inoltre, la variabilità degli errori di previsione è stimata con Root Mean Square Error (RMSE). L'RMSE viene calcolato considerando tutti gli errori storici disponibili dalla fine del periodo di inizializzazione e, di volta in volta, il suo valore viene aggiornato includendo l'ultimo errore. Come discusso in precedenza, l'obiettivo dell'esperimento è confrontare l'effetto frusta generato da un sistema di inventario con parametri di domanda sconosciuti, vale a dire $BE^{(U)}$, e quello generato da

un sistema di inventario con parametri di domanda noti, ovvero $BE^{(K)}$, per mostrare l'effetto dell'incertezza dei parametri della domanda. I risultati mostrati nella figura rappresentano come cambia l'effetto frusta quando cambiano i valori dei fattori. Come sarà discusso, la frusta è influenzata da due fenomeni: l'incertezza dei valori dei parametri e l'aggiornamento delle loro stime. Di seguito i due fenomeni vengono valutati separatamente, a partire dall'effetto dell'aggiornamento. Infatti, combinando i fattori che caratterizzano la domanda, cioè il parametro autoregressivo, l'errore quadratico medio, stima dell'intervallo di aggiornamento, tempo di consegna e la misura di prova, sono state rivelate 4725 combinazioni di fattori, che sono stati valutati tutti con simulazioni.

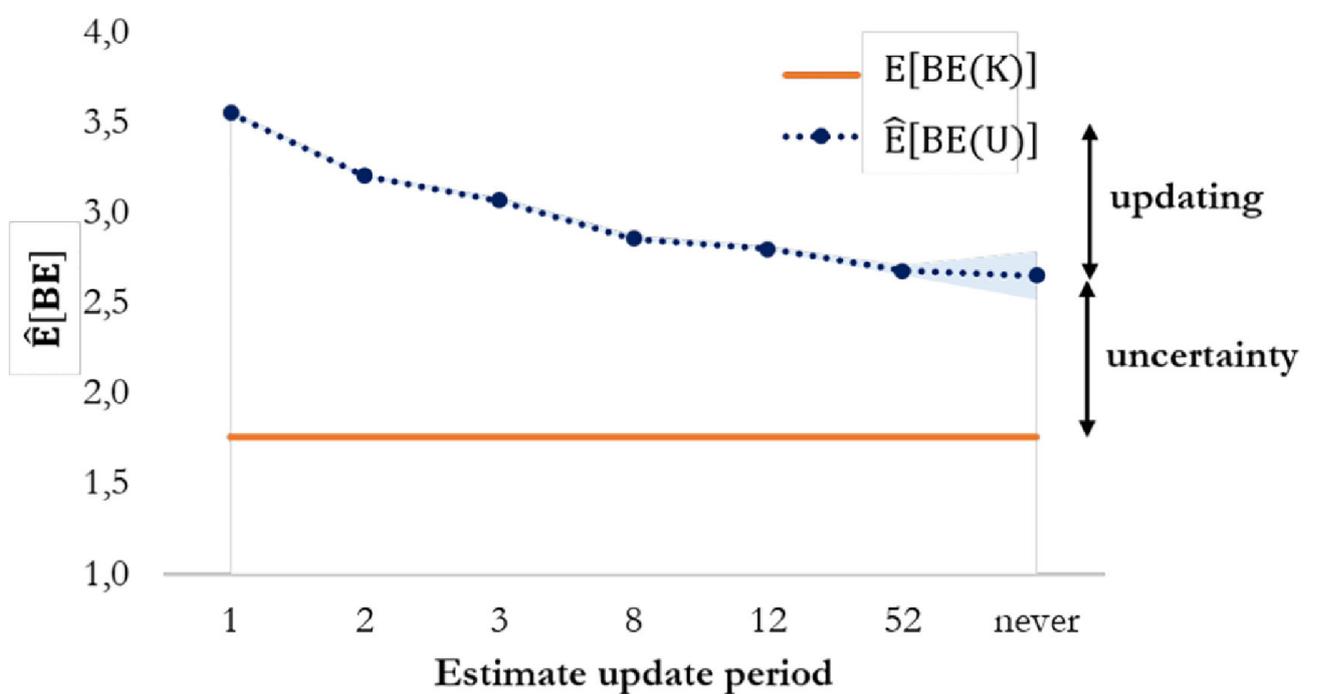


Figura 2-Influenza dell'intervallo di aggiornamento (δ): riducendo δ si ingrandisce la frusta

In conclusione, la frusta che interessa un sistema di inventario caratterizzato da parametri di domanda sconosciuti tende ad essere maggiore di quella che interessa lo stesso sistema ma con parametri noti. [18]

2.2.2 Gli effetti degli sconti sull'acquisto in grande quantità

Uno sconto sulla quantità è un incentivo economico per incoraggiare le organizzazioni (o gli individui) ad acquistare beni in grandi quantità. Esploreremo il loro impatto sul comportamento dinamico dei sistemi di produzione e distribuzione studiando metriche operative ed economiche chiave. In una catena di fornitura, osserviamo che lo sconto generalmente aumenta l'effetto Bullwhip, che danneggia in particolare il produttore. Lo sconto riduce anche i costi di acquisto del rivenditore, ma aumenta i costi relativi alle scorte e alla capacità. Emerge così un compromesso chiave, che si manifesta attraverso una relazione a forma di U tra il costo totale e il parametro di accettazione dello sconto. Questi sconti sono molto comuni nella pratica, assumendo una varietà di formule; vedi Weng e Wong, 1993, Rubin e Benton, 2003. Forse la formula più comune è lo sconto per tutte le unità, basato sull'applicazione del prezzo unitario inferiore a tutte le unità acquistate quando viene raggiunta una certa soglia (ad esempio Chen e Robinson, 2012, Zhang et al., 2019). Ad esempio, supponiamo che il prezzo normale di un prodotto sia 1 €. Il venditore può scegliere di offrire uno sconto del 10% che entra in vigore se vengono acquistate almeno 100 unità. Cioè, gli acquirenti che acquistano meno di 100 unità pagherebbero 1 € per unità, mentre gli acquirenti che acquistano quantità maggiori pagherebbero 0,9 € per unità. Tuttavia, le vari fonti della letteratura non hanno affrontato le implicazioni Bullwhip degli sconti sulla catena di approvvigionamento. Da questo punto di vista un articolo sulla rivista Science Direct cerca di fare più luce sulla relazione tra sconti di quantità e costi operativi osservando la propagazione dell'Effetto Bullwhip nelle catene di approvvigionamento. Nello specifico, sono state misurate due metriche comuni nella letteratura Bullwhip, denominate Bullwhip ratio (BW) e Net Stock Amplification ratio (NSAmp), poiché sono sintomatici rispettivamente di un funzionamento instabile nella catena di approvvigionamento e di una scarsa efficienza nella soddisfazione del cliente. Il documento in conclusione infatti, fornisce la prova di come lo sconto sulla quantità tende a deteriorare la dinamica di questi sistemi contribuendo alla propagazione dell'effetto Bullwhip. L'emissione di ordini che non corrispondono ai requisiti effettivi dell'organizzazione può distorcere notevolmente la trasmissione delle informazioni lungo le

catene di approvvigionamento, il che ha un impatto negativo non solo sulla variabilità degli ordini ma anche sulle prestazioni delle scorte. In questo senso, si può constatare che lo sconto sulla quantità ostacola anche la soddisfazione della domanda dei clienti in modo efficiente in termini di costi. In via eccezionale, si osserva che gli sconti possono alleviare il fenomeno Bullwhip quando la quantità di sconto è inferiore alla domanda media. Altra motivazione per cui un'impresa possa decidere di ordinare lotti in grande quantità è legata al problema del trasporto e alla sua economia. Poiché la domanda segue un ritmo instabile quindi che si possono verificare picchi di domanda e nessuna richiesta in altri giorni nell'orizzonte temporale considerato, le tariffe Full Truck Load (FTL, in italiano carico completo, indica un trasporto in cui il camion trasporta un unico carico ed è pieno [19]) risultano minori dalle tariffe "less than truck load" (carico inferiore al camion pieno), per cui, si riscontra una certa convenienza economica a far viaggiare i propri camion a pieno carico. La volontà di ridurre i costi di trasporto condiziona i piani di approvvigionamento; sarà necessario individuare il tradeoff tra i due aspetti, così da minimizzare i costi complessivi.[20]

2.2.3 Sindrome da Lead Time

Michna e Nielsen hanno identificato un'altra causa critica della frusta: la previsione dei tempi di consegna. Sebbene la questione dei tempi di consegna stocastici negli studi sulla frusta non sia stata studiata in modo approfondito, Michna e Nielsen et al. forniscono una recente revisione della letteratura di questo problema. Di particolare importanza è il lavoro di Duc et al. e Kim et al. dove viene quantificato l'impatto dei lead time stocastici sulla frusta. Gli articoli di Boute et al, studiano i tempi di consegna endogeni nelle catene di approvvigionamento. I lead time endogeni dipendono dallo stato del sistema in quanto sono funzione degli ordini precedenti. Qui il fornitore è modellato come una coda e gli ordini vengono elaborati in base all'ordine di arrivo, quindi non vi è alcun crossover degli ordini. Tuttavia, poiché il tempo di permanenza in coda aumenta nella varianza della domanda posta al produttore, è possibile ottenere una riduzione del lead time smussando gli ordini di rifornimento. Questa riduzione dei tempi di consegna può potenzialmente ridurre i requisiti delle scorte di sicurezza. Hum e Parlar sono riusciti a modellare anche i tempi di consegna utilizzando la teoria delle code, analizzando la percentuale di domanda che può essere soddisfatta entro un tempo di consegna specifico. Un articolo su Science Direct, per esempio, considera un modello in cui un membro della catena di fornitura (che potrebbe essere un rivenditore, un produttore o un fornitore, ma per comodità chiamiamo un produttore) osserva sia le richieste casuali del suo cliente che i tempi di consegna casuali del suo fornitore che sono esogeni (ovvero, indipendenti da tutti gli altri stati del sistema); studiando e proponendo una stima del lead time in base al prodotto di una media mobile delle osservazioni della domanda passata e una media mobile delle osservazioni del lead time passato. Si dimostra che si guadagna poco dalla previsione dei tempi di consegna. Troviamo che la previsione del lead time introduce la frusta, ma l'aumento della cronologia utilizzata nella previsione della media mobile riduce l'effetto frusta. La Fig.3 fornisce un'illustrazione della misura della frusta, evidenziando i diversi caratteri che la misura possiede e collegando il comportamento ai risultati teorici ottenuti nell'articolo.

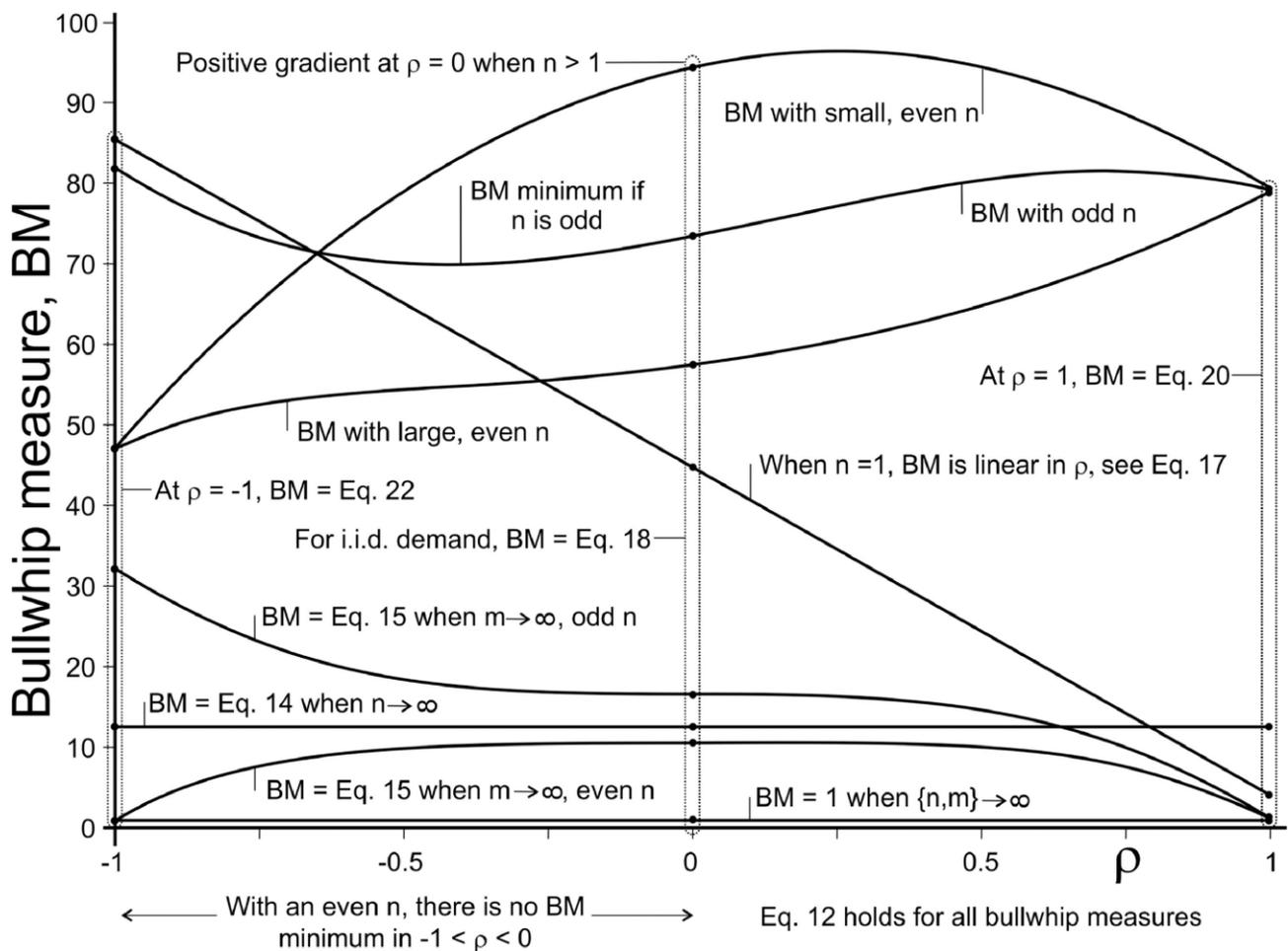


Figura 3- una caricatura della natura della misura dell'effetto frusta

L'articolo conclude che il modo in cui si procede a prevedere la domanda e il tempo di consegna è importante in quanto può causare quantità significative di frusta. Inoltre, la dipendenza della misura del Bullwhip dal parametro di correlazione della domanda è diversa a seconda dei parametri di previsione utilizzati per effettuare previsioni di lead time e domanda. È chiaro che la previsione dei tempi di consegna dovrebbe essere parte integrante della pianificazione della catena di approvvigionamento ma che le operazioni della catena di approvvigionamento con tempi di consegna stocastici e richieste auto-correlate sono piuttosto complesse. Tuttavia, si può mitigare le conseguenze della previsione del lead time con le seguenti azioni:

- Anche con una perfetta comprensione del processo della domanda, si osserva un significativo effetto frusta per i sistemi in cui devono essere previsti tempi di consegna stocastici.

- Quando si prevede la domanda utilizzando le medie mobili, un numero pari di osservazioni della domanda funziona meglio per i processi di domanda AR correlati negativamente.
- Aumentando m , il numero di punti dati utilizzati per prevedere i tempi di consegna porta strettamente a una riduzione della misura della frusta.
- In molte impostazioni realistiche, i lead time saranno una variabile stocastica e, a meno che non vengano utilizzate molte osservazioni del lead time nella previsione del lead time, il suo impatto sulla misura della frusta non dovrebbe essere ignorato.
- In pratica, si dovrebbe fare attenzione a raccogliere informazioni imparziali prevedendo solo i tempi di consegna realizzati e registrando questi tempi di consegna in modo accurato.

Da ciò si evince che i responsabili della catena di fornitura che prevedono e aggiornano le informazioni sui tempi di consegna potrebbero sottostimare la frusta e quindi il suo effetto, che verrà creato. Ciò può portare a un processo decisionale inadeguato che a sua volta può aumentare ulteriormente l'effetto frusta nella catena. Si potrebbe anche ipotizzare che quando la domanda ha un andamento stagionale forse n , il numero delle osservazioni nella previsione della domanda media mobile, dovrebbe essere un multiplo del numero di periodi in una stagione. [21]

CAPITO 3: metodologie per arginare l'effetto frusta

Dopo aver identificato gli ostacoli al coordinamento, è possibile individuare gli strumenti manageriali, le azioni e le contromisure strategiche necessarie a superarli per aumentare il livello di redditività della supply chain e moderare gli impatti negativi dell'effetto Forrester.

3.1 Coordinamento e condivisione dell'informazione

Tutte le cause sopra citate derivano essenzialmente da una cattiva e inefficiente condivisione delle informazioni fra clienti e fornitori. Pertanto, la condivisione delle informazioni può essere ritenuta come soluzione chiave. Infatti, tra i principali argomenti di ricerca nell'area c'era il modo in cui la condivisione delle informazioni tra i membri della catena di approvvigionamento può essere utilizzata per risolvere il problema dell'effetto Bullwhip (BWE), compreso il suo impatto negativo sulla funzione complessiva della catena di approvvigionamento e sulle prestazioni dell'azienda. La condivisione delle informazioni tra i partner della catena di approvvigionamento è spesso proposta come rimedio (o "panacea") per il coordinamento dei flussi nella catena di approvvigionamento e la riduzione dell'impatto negativo dell'effetto frusta (Sahin e Robinson, 2005). Il coordinamento nella catena di approvvigionamento può anche comportare compromessi tra efficienza ed efficacia del processo e questi compromessi possono contribuire in modo diverso alle varie dimensioni delle prestazioni operative della catena di approvvigionamento. Molte aziende si coordinano al fine di ridurre i costi di conservazione delle scorte e/o di logistica e distribuzione (per diventare più snelli) nella catena di approvvigionamento, ma questi stessi sforzi possono anche avere un impatto sulle prestazioni di evasione degli ordini (OFP) che potrebbero alla fine comportare una minore soddisfazione del cliente e danni reputazionali (Griffis et al., 2012). Data l'importanza di comprendere i compromessi tra le prestazioni di evasione degli ordini e la gestione del BWE in un efficace coordinamento della catena di approvvigionamento, un articolo sulla rivista Science Direct ha deciso di esplorare il valore dei vari tipi di informazioni alternativi da utilizzare nella pianificazione dell'inventario e dell'adempimento sia nella condivisione delle informazioni che in

assenza. Sebbene l'ampia condivisione delle informazioni tra i membri della catena di approvvigionamento sia spesso proposta come uno dei rimedi chiave per la gestione dell'effetto frusta, il tipo e la qualità delle informazioni che devono essere condivise tra i partner per migliorare le informazioni o i flussi di materiale è ancora un'area di dibattito. Per esempio, Cahon e Fischer sostengono che la condivisione delle informazioni e il coordinamento riducono l'effetto frusta e migliorano le prestazioni complessive della catena di approvvigionamento. Questi miglioramenti possono riguardare funzionalità avanzate di gestione dell'inventario che possono migliorare l'efficienza operativa e ridurre i costi in alcune aree. Il miglioramento del livello di servizio/capacità di riempimento da una politica di inventario efficace può anche portare a maggiori entrate in molti casi (Dai et al., 2017). Ad esempio, Sahin e Robinson (2005) osservano una riduzione del 48% dei costi operativi grazie alla condivisione delle informazioni e al coordinamento nelle catene di approvvigionamento da magazzino. L'articolo ha condotto uno studio di simulazione utilizzando Visual Slim. Ogni combinazione di impostazione del fattore sperimentale è stata replicata 10 volte ed eseguita per 5000 periodi. I primi 200 periodi sono stati utilizzati per il riscaldamento e scartati dall'analisi. Il sistema ha raggiunto lo stato stazionario dopo 20 periodi eliminando ogni potenziale preoccupazione che i risultati potessero essere dovuti alle impostazioni iniziali. Il fine è quello di valutare l'impatto di fattori sperimentali rispettivamente sull'effetto frusta, sull'ordine promettente e sui risultati delle prestazioni di consegna dell'ordine. I risultati relativi all'impatto della condivisione delle informazioni sull'effetto frusta sono coerenti con le ricerche precedenti già compiute (Chatfield et al., 2004, Dejonckheere et al., 2004; Kim et al., 2006). Si osserva che, indipendentemente dalla condivisione delle informazioni o meno, l'effetto frusta è inerente alle catene di approvvigionamento. Tuttavia, nella maggior parte dei casi, l'effetto frusta aumenta quando non c'è condivisione di informazioni (Kim et al., 2006). Dallo studio è risultato che la condivisione delle informazioni, in media, si traduce in una riduzione del 71% dell'effetto frusta (da una media del 26% quando non c'è condivisione delle informazioni a una media del 7,5% quando c'è condivisione delle informazioni).[22]

3.2 Dimensionamento lotto economico

Un'azienda può decidere di mantenere delle scorte in magazzino per diverse ragioni, anche se, la motivazione principale è dettata da una volontà precauzionale, ma possono anche esservi motivazioni di tipo speculativo e transazionale (risparmio dei costi di trasporto). Si è visto come i frequenti e abbondanti approvvigionamenti, e dunque conseguentemente, il cospicuo quantitativo di scorte detenuto in magazzino, rappresentino fattori scatenanti l'effetto frusta. Per contrastare le problematiche legate al dimensionamento del lotto economico, ci si avvale di una tecnica "look back". Questa tecnica consente di stimare due parametri fondamentali, quanto deve essere ordinato al fornitore e quando lanciare l'ordine, senza conoscere quale sarà la domanda reale dei prodotti nel futuro o senza stimare le previsioni di vendita, ma basandosi su dati storici, ovvero "guardando indietro". Infatti, seguendo criteri di tipo look back si provvederà all'emissione dell'ordine, per una certa fornitura, raggiunto un livello di giacenza soglia con l'obiettivo di ripristinare la giacenza originaria.[23] Quando si parla di lotto economico generalmente si fa riferimento al lotto economico di acquisto. Se volessimo darne una definizione potremmo affermare che: *"il lotto economico è un modello di gestione delle scorte che definisce la quantità ottima di acquisto in modo da minimizzare la somma dei costi di approvvigionamento, e dei costi di mantenimento a magazzino."* [24] È conosciuto anche come modello EOQ e di seguito è riportata una rappresentazione grafica dei costi inerenti al magazzino e di come il modello minimizza i costi complessivi:

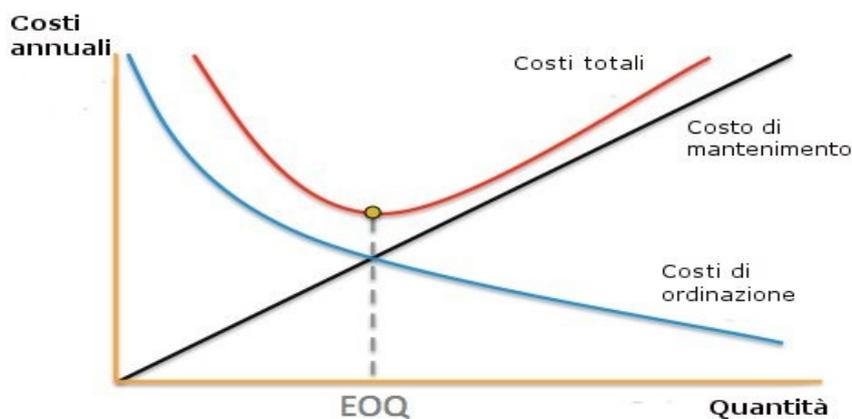


Figura 4- minimizzazione dei costi complessivi mediante modello EOQ

Mentre quantitativamente esso può essere espresso come:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 D S}{H}}$$

Dove:

EOQ = Quantità di ordine ottimale;

D = Unità di domanda annuale;

S= Costo sostenuto per fare un singolo ordine;

H= Costo di mantenimento annuale per unità

3.3 Unificare le previsioni della domanda

Come si è visto una delle cause dell'effetto Bullwhip è l'utilizzo, da parte delle imprese a monte, dei dati storici inerenti agli ordinativi dei propri clienti. Il problema potrebbe essere ovviato rendendo disponibili, per tutti gli operatori della supply chain, i dati di previsione della domanda delle imprese clienti. In tal modo sia le imprese a valle che quelle a monte potrebbero aggiornare i loro piani di produzione simultaneamente in base agli stessi dati. Alcune imprese, che adottano il Just in Time (come la Toyota o la Nissan), dispongono di sistemi di EDI (Electronic Data Interchange) che rendono disponibile, a tutti i principali fornitori, le informazioni relative alle previsioni della domanda e le quantità programmate. Tuttavia, nonostante l'utilizzo di sistemi di condivisione dei dati basati sull'EDI, è possibile che si riscontrino fluttuazioni a causa dei diversi comportamenti di acquisto. Per ovviare, anche alle differenze di comportamento di acquisto, si potrebbe adottare un sistema più radicale: il "Vendor Managed Inventory" (VMI), in questo caso sono le imprese a monte (i vendor cioè i fornitori) che, avendo accesso ai dati della domanda delle imprese a valle, effettuano per queste ultime la pianificazione della produzione e delle ordinazioni. Un'alternativa a questo metodo è il CRP (Continuous Replenishment Program) che, con la gestione degli ordini in modo centralizzato, elimina le differenze di metodo di ordinazione, causa delle fluttuazioni e dunque dell'effetto bullwhip. Il CRP determina l'ammontare di scorte in relazione alle vendite e trasmette i dati per la pianificazione della produzione. La quantità base dell'ordine viene calcolata seguendo la previsione della domanda e viene poi armonizzata con i dati relativi agli ordini ricevuti. Il piano di produzione viene dunque aggiornato, a seconda dei risultati di questi calcoli, per mantenere i nuovi livelli di scorte. In relazione ai risultati di questi calcoli il CRP calcola la quantità base dell'ordine secondo il procedimento seguente:

$$\text{Ammontare base dell'ordine} = (L+Rt) \times d + s - gs$$

Dove: L= Lead-time; Rt= Tempo di controllo; d= Domanda giornaliera prevista; s=Scorte di sicurezza; gs= Beni già in magazzino. [25]

CAPITOLO 4: Il Covid-19 e il suo effetto nella filiera logistica

4.1 IL LEGAME STRETTO TRA L'EFFETTO FRUSTA E IL COVID-19

COVID-19 è stato segnalato per la prima volta alla fine del 2019 a Wuhan, in Cina. Entro il 15 settembre 2020, oltre 29 milioni di persone erano state infettate e circa 927.000 persone erano morte. La pandemia COVID-19 ha creato una significativa incertezza in tutti i settori della vita, in particolare nell'ambito gestionale nelle catene di approvvigionamento (SC). Le SC riscontrano vulnerabilità senza precedenti in termini di tempi di consegna e quantità di ordini, interruzioni nelle strutture di rete e forti fluttuazioni della domanda. [26] Le variazioni repentine di attività causano problemi e l'effetto frusta è il principale nemico. Ecco perché si è reputato importante inserire la questione all'interno dell'elaborato: in particolare analizzare come il Covid-19 ha innescato l'effetto frusta all'interno di molte aziende non solo italiane. Un recente sondaggio condotto da ISM su circa 600 aziende statunitensi ha rivelato che a metà aprile 2020, i tempi di consegna medi erano almeno il doppio rispetto alle operazioni "normali", per le asiatiche (222% per la Cina, 217% per la Corea e 209 % per il Giappone), input europei (201%) e nazionali (200%) (ISM 2020). Lo stesso rapporto afferma che la produzione cinese ed europea ha circa la metà della capacità normale, rispettivamente il 53% e il 50%. Lo scoppio del COVID-19 ha mostrato chiaramente il ruolo chiave delle SC nel fornire in modo sicuro beni e servizi alla società. La pandemia è diventata un test per le SC per quanto riguarda la loro robustezza (cioè la capacità di resistere), flessibilità (cioè la capacità di adattarsi) e recupero (cioè la capacità di ripristinare le operazioni e le prestazioni dopo un'interruzione) indicando il ruolo centrale di resilienza nella gestione delle SC in questo mondo instabile.[27] Una previsione accurata dell'evoluzione di nuovi casi consente una gestione più

efficace del conseguente eccesso di domanda lungo la catena di fornitura. Il buon senso e la recente esperienza suggeriscono che l'accelerazione e la progressione del COVID-19 in tutti i paesi determinano cambiamenti nei bisogni immediati effettivi (assistenza sanitaria e cibo) e nel comportamento dei consumatori (si è discusso precedentemente di come l'effetto frusta sia principalmente generato da un'improvvisa variazione della domanda). Tali cambiamenti mettono a dura prova le rispettive catene di approvvigionamento. Ad esempio, quando i consumatori iniziano a farsi prendere dal panico acquistando pasta secca, alla fine l'intera filiera che coinvolge uova, farina, grano ne risente. Si deduce che la catena di approvvigionamento rischia di essere notevolmente aggravata dalle ben note implicazioni dell'effetto Bullwhip. Mai come in questi giorni, chiusi in casa per motivi di sicurezza sanitaria, ci rendiamo conto dell'importanza di poter contare su un efficace ed efficiente sistema logistico cioè un sistema che permette a tutti noi di avere il cibo e tutti gli altri prodotti di cui necessitiamo. In situazioni normali, la volatilità della domanda risulta contenuta e l'effetto frusta diciamo che non si "percepisce", attenuato dall'inerzia intrinseca nel sistema logistico. Questo è forse il motivo per cui, nel tempo, gli addetti ai lavori si sono un po' dimenticati dell'effetto frusta. L'emergenza covid-19, invece, lo sta facendo tornare d'attualità. Rischia di innescare dei fenomeni che possono mandare in risonanza i sistemi logistici: comportamenti irrazionali dei consumatori, mancato coordinamento tra gli attori della filiera produttivo-distributiva e tutte le altre cause discusse nel capitolo 3. Pertanto, possono tutti generare delle variazioni nella domanda dei prodotti di ampiezza e velocità tali da prendere a "frustate" il sistema logistico. In assenza di azioni specifiche, le forti ripercussioni che l'emergenza coronavirus avrà sul sistema produttivo metteranno a dura prova la continuità e la regolarità di tutta la filiera logistica. Ecco che quindi situazioni come la corsa all'accaparramento dei prodotti alimentari nei supermercati, così come il drastico calo della domanda di altri prodotti a cui stiamo assistendo in questi giorni possono essere interpretati come i principali fattori che innescano l'effetto frusta all'interno delle supply chain. Pertanto, dovranno essere interpretate correttamente dal sistema logistico in modo da permettere alla frontline di proteggere le retroguardie dagli effetti delle

variazioni incontrollate dell'offerta di mercato. È quindi fondamentale, soprattutto in una fase così delicata come quella che stiamo vivendo, evitare di prendere a "frustate" quel sistema logistico che tanto ci serve. Ma come possono le aziende combatterlo? Sicuramente utilizzando le strategie per minimizzare l'effetto frusta già discusse precedentemente e/o nuove soluzioni come assumere rapidamente nuovi fornitori secondo necessità. Avere una rete di fornitori fissi che potrebbe essere influenzata negativamente da interruzioni non è la migliore strategia operativa in tempi di crisi. Pertanto, è fondamentale essere in grado di acquisire nuovi fornitori in modo tempestivo. Ad esempio, se gli alti tassi di infezione di New York significano una diminuzione della sua produzione manifatturiera, è probabile che altre aree con tassi di infezione più bassi aumenteranno. Se un'inefficiente gestione della SC avvenisse, infatti, la filiera di approvvigionamento dei prodotti andrebbe in crisi, lasciando tutti noi in una situazione davvero molto difficile da affrontare. [28] Infine, e questo riguarda davvero tutti, si dovrà agire in maniera razionale e pianificata nei confronti del calo della domanda che, purtroppo, sarà fisiologica. Sarà necessario allocare risorse (non solo economiche) per renderle disponibili nei momenti in cui il mercato comincerà a riprendersi. Dall'innovazione al miglioramento delle condizioni di lavoro, dall'ottimizzazione dei trasporti fino all'igiene dei luoghi pubblici e privati. Tutto questo non solo per ottenere un vantaggio competitivo al momento della ripartenza che, ci sarà, ma anche e soprattutto, per far sì che tutto questo "sforzo" non sia vanificato.

BIBLIOGRAFIA

[1] *G. Leonida, Dizionario della logistica, 2007*

[2] *Mecalux, Bullwhip Effect: come controllare l'effetto Forrester o effetto frusta,*
www.mecalux.it

[3] *www.logisticaefficiente.it*

[4] *D. Gattuso, G.C. Cassone, I nodi della logistica nella supply chain, Collana trasporti,*
F. Angeli, 2003

[5] *J.T. Mentzer, W. DeWitt, J.S. Keebler, Defining supply chain management, Journal of*
business logistics, 2001

[6] *www.achilles.com*

[7] *5 cause per un non corretto funzionamento della Supply Chain, www.kmsenpai.it*

[8] *S. Jaipuria, S.S. Mahapatra, An improved demand forecasting method to reduce*
bullwhip effect in supply chains, Expert Systems with Applications, Volume 41, 2014

[9] *E. Bayraktar, S.C. Lenny Koh, A. Gunasekaran, K. Sari, E. Tatoglu, The role of*
forecasting on bullwhip effect for E-SCM applications, International Journal of Production
Economics, Volume 113, Issue 1, 2008,

- [10] B. Fahimnia, N. Sanders, E. Siemsen, *Human judgment in supply chain forecasting*, *Omega*, Volume 94, 2020,
- [11] X. Wang, S. M. Disney, *The bullwhip effect: Progress, trends and directions*, *European Journal of Operational Research*, Volume 250, Issue 3, 2016,
- [12] D.T. Nguyen, Y. Adulyasak, S. Landry, *Research manuscript: The Bullwhip Effect in rule-based supply chain planning systems—A case-based simulation at a hard goods retailer*, *Omega*, Volume 98, 2021,
- [13] X. Zhang, G. J. Burke, *Analysis of compound bullwhip effect causes*, *European Journal of Operational Research*, Volume 210, Issue 3, 2011,
- [14] Davis and Warren Hausman, *Mit Sloan Management Review*, sloanreview.mit.edu
- [15] Cybertec Zucchetti, www.forgeflow.com
- [16] M. Goodarzi, P. Makvandi, R. F. Saen, M.D.Sagheb, *What are causes of cash flow bullwhip effect in centralized and decentralized supply chains?*, *Applied Mathematical Modelling*, Volume 44, 2017,
- [17] D. Yan Wu, E. Katok, *Learning, communication, and the bullwhip effect*, *Journal of Operations Management*, Volume 24, Issue 6, 2006
- [18] E. Pastore, A. Alfieri, G. Zotteri, J.E. Boylan, *The impact of demand parameter uncertainty on the bullwhip effect*, *European Journal of Operational Research*, Volume 283, Issue 1, 2020,
- [19] *Dizionario dei Trasporti*, www.timocom.it

- [20] B. Ponte, J. Puche, R. Rosillo, D. de la Fuente, *The effects of quantity discounts on supply chain performance: Looking through the Bullwhip lens*, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Volume 143, 2020,
- [21] Z. Michna, S.M. Disney, P.Nielsen, *The impact of stochastic lead times on the bullwhip effect under correlated demand and moving average forecasts*, *Omega*, Volume 93, 2020,
- [22] D. Ojha, F. Sahin, J. Shockley, S. V. Sridharan, *Is there a performance tradeoff in managing order fulfillment and the bullwhip effect in supply chains? The role of information sharing and information type*, *International Journal of Production Economics*, Volume 208, 2019,
- [23] Batcos, *Classificazione dei sistemi di gestione*, www.athena.zcu.cz
- [24] L.Govoni, www.lorenzogovoni.com
- [25] G.Dominici, *L'effetto bullwhip, nella gestione della supply chain*, 2007
- [26] D.Ivanov, A. Dolgui, *OR-methods for coping with the ripple effect in supply chains during COVID-19 pandemic: Managerial insights and research implications*, *International Journal of Production Economics*, 2020,
- [27] K. Nikolopoulos, S. Punia, A. Schäfers, C. Tsinopoulos, C. Vasilakis, *Forecasting and planning during a pandemic: COVID-19 growth rates, supply chain disruptions, and governmental decisions*, *European Journal of Operational Research*, 2020,
- [28] M.Gosso, *Milano Finanza*, www.milanofinanza.it

RINGRAZIAMENTI

Ritengo imprescindibile dedicare questo spazio del mio elaborato alle persone che hanno contribuito, con il loro instancabile supporto, alla realizzazione dello stesso.

In primis, un ringraziamento speciale al mio relatore Bevilacqua Maurizio, per la sua immensa pazienza, per i suoi indispensabili consigli, per le conoscenze trasmesse durante tutto il percorso di stesura dell'elaborato.

Non posso non menzionare la mia famiglia che da sempre mi sostengono nella realizzazione dei miei progetti. Non finirò mai di ringraziarvi per avermi permesso di arrivare fin qui.

Ringrazio infinitamente Asia, la mia fidanzata, per avermi trasmesso la sua immensa forza e il suo coraggio; per esserci stata dal primo giorno all'ultimo, per avermi insegnato che nulla è impossibile se si ha voglia e di quanto sono fortunato nel poter condividere certe emozioni con una persona speciale come te. Senza di te non ce l'avrei mai fatta.

Ringrazio di cuore i miei amici di sempre e quelli conosciuti in questo percorso per essere stati sempre presenti e avermi accompagnato a questo risultato. Tutto sarebbe stato diverso senza voi.

E infine, vorrei dedicare questo piccolo traguardo a me stesso, che possa essere l'inizio di una lunga e brillante carriera professionale.

