UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI SCIENZE ECONOMICHE ED AZIENDALI "M. FANNO"

DIPARTIMENTO DI MATEMATICA "T. LEVI-CIVITA"

CORSO DI LAUREA IN ECONOMIA

PROVA FINALE

Teoria dei giochi e supply chain management

RELATORE:

CH.MO PROF. BRUNO VISCOLANI

LAUREANDO: MASSIMO VALENTINI

MATRICOLA N. 1167731

ANNO ACCADEMICO 2019 – 2020

Il candidato, sottoponendo il presente lavoro, dichiara, sotto la propria personale responsabilità, che il lavoro è originale e che non è stato già sottoposto, in tutto in parte, dal candidato o da altri soggetti, in altre Università italiane o straniere ai fini del conseguimento di un titolo accademico. Il candidato dichiara altresì che tutti i materiali utilizzati ai fini della predisposizione dell'elaborato sono stati opportunamente citati nel testo e riportati nella sezione finale "Riferimenti bibliografici" e che le eventuali citazioni testuali sono individuabili attraverso l'esplicito richiamo al documento originale.

Sommario

INTRODUZIONE

Il presente elaborato approfondisce, dal punto di vista matematico e pratico, alcuni aspetti della teoria dei giochi, partendo dal modello di contrattazione di Nash applicato alle scelte strategiche degli attori coinvolti nella supply chain, fino ad arrivare alle trattazioni di autori moderni, quali Lu e Goyal.

Attraverso l'esplicitazione di modelli teorici e matematici, verranno presentati diverse ricerche e, in particolare, verranno confrontati due possibili risoluzioni ai problemi di contrattazione nella supply chain.

Nel primo capitolo verrà approfondita la teoria dei giochi, i principali modelli, i rapporti tra i diversi attori, le loro caratteristiche personali quali la propensione al rischio, le asimmetrie informative e il potere contrattuale.

Gli stessi modelli verranno inoltre applicati e analizzati in un contesto competitivo o cooperativo.

Verrà presentato approfonditamente il modello cooperativo di contrattazione ideato da Nash e la teoria matematica alla base della sua formulazione.

Nel secondo capitolo verranno invece analizzati e presentati gli studi condotti da alcuni autori riguardo la teoria dei giochi ed i modelli di contrattazione cooperativi.

Per concludere il trattato, saranno messi a confronto due diversi modelli matematici, quello presentato da Lu e quello teorizzato da Goyal, per verificare quale dei due sia più efficiente al variare di alcuni parametri.

Le ricerche presentate trovano la loro ragione d'essere nell'attuale contesto internazionale, dove la gestione ottima della supply chain è condizione necessaria per mantenere il vantaggio competitivo e diventa sempre più importare cercare modelli matematici a supporto delle scelte strategiche aziendali.

Con nuovi attori che entrano nel mercato, la capillare diffusione della information technology e la maggiore complessità della catena distributiva, il supply chain management non può affidarsi esclusivamente a modelli empirici per valutare e affrontare i nuovi problemi distributivi e contrattuali emergenti

L'obiettivo del presente elaborato è quello di fornire una riflessione legata all'applicazione dei modelli teorici nel SCM, al fine di indirizzare la ricerca verso un modello matematico di supporto per le scelte strategiche

CAPITOLO 1

TEORIA DEL MODELLO DI CONTRATTAZIONE

1.1 Teoria dei giochi: concetti fondamentali

Nel presente elaborato andremo ad approfondire il modello di contrattazione proposto da Nash e vedremo la sua possibile applicazione nella gestione della catena distributiva.

Per arrivare a comprendere questo concetto, dobbiamo innanzitutto partire dagli assunti basilari della teoria dei giochi, sviluppandoli singolarmente e applicandoli progressivamente nel contesto del supply chain management.

Nella maggior parte delle teorie economiche, gli attori sono autonomi nelle scelte decisionali, le quali vengono prese in base alle informazioni a loro disposizione.

Nella teoria dei giochi, invece, più soggetti, detti giocatori, concorrano nel prendere delle decisioni, che possono essere coordinate con quelle degli altri giocatori oppure in contrapposizione.

Questo è un concetto fondamentale da tenere in considerazione, dal momento che, per questo tipo di problemi, le scelte operative strategiche non sono mai prerogativa di una sola parte.

Nella risoluzione del problema, ogni giocatore cerca di massimizzare la propria utilità e, di conseguenza, la mossa (o le mosse) messa in atto per raggiungere il proprio obiettivo, mira al massimo guadagno per il giocatore, anche a discapito degli altri giocatori.

Come premessa ai nostri modelli, assumiamo che tutti i giocatori siano a conoscenza delle regole del gioco e siano consapevoli della scelta delle singole mosse rispetto a quella dei concorrenti.

Dopo aver partecipato al gioco, ogni giocatore riceve un pay-off che può essere positivo, negativo o nullo.

A titolo esemplificativo, riportiamo il "dilemma del prigioniero" [8], introdotto da Dresher e Flood nel 1950 e poi reso famoso da Albert Tucker nel 1953, che è, senza ombra di dubbio, uno dei problemi più noti riguardante la teoria dei giochi:

"Due prigionieri, accusati dello stesso crimine, si trovano in due celle diverse, senza la possibilità di comunicare tra loro e possono decidere, indipendentemente dalla scelta dell'altro prigioniero, se collaborare con la giustizia (C) oppure non collaborare (NC).

Se entrambi non collaborano, scontano una pena ridotta di 2 anni ciascuno, se uno dei due prigionieri collabora e l'altro no, quello che ha collaborato non sconta nessuna pena, mentre quello che non ha collaborato deve scontare 6 anni.

D'altro canto, se collaborano entrambi, dovranno scontare 5 anni ciascuno."

Il problema può essere rappresentato graficamente dalla tabella sottostante.

	C	NC
C	(5,5)	(0,6)
NC	(6,0)	(2,2)

Questo è un gioco di tipo non cooperativo (o competitivo), dove i due attori sono in competizione tra loro e non possono raggiungere nessun tipo di accordo.

Per questo categoria di giochi, siamo interessati a trovare la strategia dominante, se presente, che ci permette, indipendentemente dalla scelta degli altri giocatori, di massimizzare la nostra utilità.

In questo gioco la strategia dominante è collaborare.

Infatti, se l'altro giocatore collabora devo scontare 5 anni (invece dei 6 che avrei scontato non collaborando) mentre se, al contrario, l'altro giocatore decide di non collaborare non devo scontare neanche un anno di prigione, (invece di 2 anni che sconterei se decidessi di non collaborare).

L'unico equilibrio possibile, che è anche la soluzione al problema, è che entrambi i prigionieri scontino 5 anni, dal momento che, la scelta di collaborare è per entrambi la strategia dominante e, quindi, verrà applicata da entrambi i giocatori razionali nel momento in cui sono a conoscenza di tutte le regole del gioco.

Da questa soluzione emerge subito un evidente problema legato alla teoria dei giochi non cooperativi per cui l'equilibrio che si ottiene non è il più efficiente.

Per i due prigionieri, sarebbe infatti possibile la riduzione della pena di 3 anni ciascuno se scegliessero entrambi di non collaborare.

Si può quindi fare un'osservazione generale, ovvero notare come la strategia non cooperativa, non sia sempre la soluzione ottimale ma che, in determinate situazioni, sia auspicabile optare per una strategia collaborativa tra i diversi giocatori.

Questo è particolarmente vero se si parla di supply chain, in quanto il benessere del singolo elemento della catena di distribuzione è correlato a quello degli altri partecipanti ed è quindi consigliabile adottare un approccio cooperativo, in modo da raggiungere la soluzione ottimale per l'intero canale.

Tornando all'esempio del dilemma del prigioniero, per cercare di trovare una soluzione cooperativa, supponiamo che l'obiettivo dei due prigionieri diventi la minimizzazione degli anni complessivi per entrambi i giocatori.

In questo caso la strategia dominante, nonché unica soluzione del problema, diventa la non collaborazione.

	C	NC
C	(5,5) =10	(0,6) = 6
NC	(6,0) = 6	(2,2) = 4

Nel nuovo equilibrio entrambi i giocatori hanno aumentato la loro utilità rispetto al gioco non cooperativo.

Lo stesso tipo di problema, attraverso opportuni adattamenti, potrebbe essere applicato a problemi decisionali riguardanti la catena distributiva.

Per analizzare la differenza tra cooperazione e non cooperazione all'interno di una situazione tipica della supply chain, ho ideato questo semplice gioco:

"*Ci sono due aziende che lavorano nel settore delle ciabatte.*

La prima azienda (A) è la produttrice (che supponiamo non abbia costi di produzione) e deve scegliere tra tenere i prezzi bassi e vendere le sue ciabatte a 10€ al paio oppure venderle a 12€.

La seconda azienda (B) distribuisce le ciabatte al dettaglio e può decidere se vendere le ciabatte a 12€ oppure a 14€.

Tenendo i prezzi bassi, B riuscirebbe a vendere al massimo 50 paia di ciabatte, mentre, applicando il prezzo maggiore, riuscirebbe a venderne al massimo 45.

La particolarità di questo scambio è che B deve decidere che quantità acquistare, prima di sapere che prezzo avranno le ciabatte, mentre A deve decidere il prezzo di vendita, prima di sapere che quantità acquisterà B."

Nella presentazione del gioco notiamo che:

- A deve compiere una sola scelta, ovvero scegliere il prezzo di vendita;
- B deve compiere due scelte: scegliere il prezzo di vendita e la quantità da acquistare.

Per risolvere il problema possiamo partire prima dalla scelta del prezzo a cui B conviene vendere le ciabatte.

Per vedere se esiste una strategia dominante, costruiamo la tabella delle possibilità.

UTILE di B	P di Acquisto = 10 e Q = 50	P di Acquisto = 12 e Q = 50	P di Acquisto = 10 e Q = 45	P di Acquisto = 12 e Q = 45
P di vendita = 12	(50*12)-(50*10)= 100	(50*12)-(50*12)= 0	(45*12)-(45*10)= 90	(45*12)-(45*12)= 0
P di vendita = 14	(45*14)-(50*10)= 130	(45*14)-(50*12)= 30	(45*14)-(45*10)= 180	(45*14)-(45*12)= 90

Dalla tabella possiamo notare subito che vendere al dettaglio a 14€ il paio è una strategia dominante, perché massimizza il profitto in qualsiasi situazione, indipendentemente dal prezzo di acquisto e dalla quantità acquistata.

I giocatori sono interessati ad ottenere maggiori ricavi possibili e quindi, non essendo a conoscenza della scelta dell'altro giocatore, cercheranno di adottare una strategia dominante che massimizzi il profitto atteso.

Adesso verifichiamo l'utilità attesa per ciascuno giocatore in base alle scelte dell'avversario:

Utile di A	P di vendita = 12	P di vendita = 10
Q venduta = 50	600	500
Q venduta = 45	480	450

La strategia dominante di A è vendere a 12€.

Utile di B	P di acquisto = 12	P di acquisto = 10
Q acquistata = 50	30	130
Q acquistata = 45	90	180

La strategia dominante di B è acquistare 45 paia di ciabatte.

In questa situazione, con un approccio non cooperativo, il risultato di equilibrio è che B acquista 45 paia di ciabatte e A gliele vende per 12€ al paio (terzo riquadro).

Utile (A/B)	P = 12	P = 10
Q = 50	(600 , 30)	(500 , 130)
Q = 45	(480 , 90)	(450 , 180)

Anche in questo caso però, l'approccio non cooperativo, non porta ad una soluzione ottimale, in quanto, entrambe le aziende potrebbero migliorare la loro utilità accordandosi tra loro per scambiarsi 50 paia di ciabatte ad un prezzo di 10€ il paio.

La soluzione proposta dall'approccio cooperativo, in questo caso, non è per niente intuitiva.

Come mai? L'azienda B dovrebbe acquistare 50 paia di ciabatte anche se, avendo già fissato il prezzo di vendita a 14€ è consapevole che 5 paia rimarranno invendute?

Per risolvere questo e altri problemi della supply chain dobbiamo quindi ricorrere necessariamente ad un modello matematico che ci aiuti a prendere delle decisioni che, a volte, possono essere poco intuitive.

Ad esempio, dalla nostra analisi non possiamo capire se ci siano altri livelli di equilibrio più efficienti rispetto a quello trovato, perché, tutte le decisioni in gioco sono state rappresentate come variabili binarie.

Generalmente, invece, sia il punto di equilibrio sia l'utilità dei giocatori possono assumere diversi valori all'interno di un intervallo e possono essere rappresentati (o approssimati) da specifiche curve matematiche.

Nel caso sopra esposto, per entrambi i giocatori la massima utilità si raggiunga con la massimizzazione del profitto, ma, nella realtà, non è detto che la funzione utilità e la funzione profitto corrispondano.

Nel nostro esempio l'utilità per l'azienda A vale:

$$U = q * p$$

di conseguenza:

$$Max\ U = 50 * 12 = 600$$

Ora supponiamo ipoteticamente che il responsabile delle vendite voglia assolutamente vendere 50 paia di ciabatte per dimostrare al vertice gerarchico le sue capacità commerciali.

In questo caso la formula sopra riportata non tiene conto delle preferenze della società (o, in questo caso, del responsabile delle vendite).

Infatti, facendo un esempio numerico, secondo il responsabile, è preferibile vendere 50 paia ad 11€ (U = 550) piuttosto che vendere 47 paia a 12€ (U = 564).

A questo proposito è utile esporre i concetti di preferenza e utilità introducendo la teoria dell'utilità attesa di von Neumann e Morgenstern [17 e 24].

Secondo questa teoria, l'utilità di un giocatore in situazioni di incertezza può essere calcolata come l'utilità attesa trovata usando i principi della teoria della probabilità.

Indichiamo di seguito i postulati necessari per esporre questa teoria:

- Dati due eventi A e B si dice che A è preferibile a B per un giocatore se egli cerca di conseguire A invece di B e si indica con A $>$ B.
- Dati due eventi A e B si dice che A è indifferente a B per un giocatore se nessuno è preferibile all'altro e si indica con A ≡ B.
- La relazione di preferenza è solo ordinale e non cardinale, per cui non si adatta a definire quanto si può ottenere in più a fronte di un rischio maggiore. Inoltre, nessun bene soddisfa l'ipotesi di linearità, tranne al più in brevi intervalli.
- Dati due eventi A e B si chiama lotteria l'evento rA + (1 − r)B, 0 ≤ r ≤ 1, in cui A si verifica con probabilità r e l'evento B con probabilità 1 − r.

Tenendo conto di questi postulati formuliamo il seguente problema:

Siano date 3 lotterie:

$A = \{0{,}100\ con\ P(0) = 50\%\ e\ P(100) = 50\%\}$

$B = \{40{,}60\ con\ P(40) = 75\%\ e\ P(60) = 25\%\}$

$C = \{0{,}100{,}40{,}60\ con\ P(0) = 25\%, P(100) = 25\%, P(40) = 37{,}5\%\ e\ P(60) = 12{,}5\%\}$

da cui possiamo calcolare il valore atteso

$$E(A) = \frac{(0 * 0{,}5 + 100 * 0{,}5)}{2} = 50$$

$$E(B) = \frac{(40 * 0{,}75 + 60 * 0{,}25)}{2} = 45$$

$$E(C) = \frac{(0 * 0{,}25 + 100 * 0{,}25 + 40 * 0{,}375 + 60 * 0{,}125)}{4} = 47{,}5$$

Secondo la teoria dell'utilità attesa la lotteria che massimizza l'utilità del giocatore è la prima, in quanto è quella con il valore atteso più elevato.

In verità però non tutti i giocatori trovano questa soluzione la migliore, infatti, avendo il 50% delle possibilità di non vincere niente è anche il gioco più rischioso dei tre.

Un giocatore con una propensione al rischio minore, potrebbe scegliere il secondo gioco che, nonostante sia quello con il valore atteso più basso è l'unico che permette di vincere una somma di denaro in ogni caso.

Diventa evidente come la pura analisi statistica e numerica non sia sufficiente a descrivere e a guidare le scelte dei giocatori se prima non conosciamo alcuni aspetti personali degli stessi, come ad esempio la propensione al rischio o le preferenze personali.

Altri esempi che trattano il problema dell'utilità attesa e come essa non sempre sia efficace nel prevedere il comportamento dei giocatori, sono il paradosso di San Pietroburgo ideato da Daniel Bernoulli [3, 25] e il paradosso di Ellsberg [7 e 26].

Per concludere, possiamo assumere che i giocatori cercano di raggiungere il risultato che preferiscono adottando la strategia che mira a massimizzare la loro utilità.

Il risultato obiettivo, nella maggior parte dei casi, non è frutto di una mera analisi probabilistica, ma viene individuato prendendo in considerazione molti aspetti differenti, come ad esempio il valore economico, quello sentimentale o tratti tipici del carattere dei giocatori, che vanno tenuti in considerazione quando costruiamo i nostri modelli.

1.2 Giochi cooperativi nel supply chain management

Da alcuni anni, si è iniziato ad utilizzare i modelli della teoria dei giochi nel contesto del supply chain management (SCM), in particolare in quelle situazioni in cui gli attori possono avere interessi contrapposti ma, allo stesso tempo, risulta conveniente giungere ad una conclusione condivisa che massimizzi la loro utilità.

Un classico problema affrontato da questa funzione aziendale è l'approvvigionamento delle risorse in contesti di vendita variabile, dal momento che l'acquisto deve essere sufficiente a non perdere occasioni commerciali, né eccessivo da causare costi di magazzino o da deperimento del materiale.

La prima formulazione di questo problema si deve ad Edgeworth [6] nel 1888 che determinò la riserva monetaria ottimale per soddisfare i prelievi bancari variabili.

L'esempio didattico è rappresentato dal newsvendor problem [23], in cui il venditore di giornali deve decidere al mattino la quantità di giornali da acquistare per non perdere il costo-opportunità dovuto ad una mancata vendita ma neanche incorrere in una perdita dovuto al costo dei giornali in eccesso.

Dal punto di vista matematico, individuiamo per prima cosa la funzione profitto:

$$\Pi = E[p \min(\mathrm{q}, \varepsilon)] - cq$$

Con

Π = profitto

ε = variabile casuale rappresentante la domanda

p = prezzo di vendita

c = prezzo di acquisto

q = la quantità acquistata, variabile decisionale

Data l'equazione, possiamo realisticamente supporre che il venditore di giornali, voglia massimizzare il suo profitto atteso, in funzione della variabile decisionale q (quantità di giornali di acquistare).

Massimizzare la funzione in questione ci permette di trovare in un determinato intervallo il punto in cui il valore atteso del profitto è il più elevato.

Massimizzare il profitto atteso consente di trovare il punto esatto in cui il costo opportunità di un giornale in più è uguale costo di un giornale invenduto.

La funzione che risolve il problema è quindi:

$$q_{opt} = F^{-1}\left(\frac{p-c}{p}\right)$$

Dove F^{-1} è l'inversa della funzione di distribuzione.

Da questa funzione possiamo calcolare la quantità ottima da acquistare purché sia conosciuta la distribuzione della domanda.

Per fare un esempio numerico ipotizziamo che la distribuzione sia normale, con una domanda media (μ) pari a 50, una deviazione standard (σ) uguale a 20, il costo di acquisto dei giornali uguale a 0,60€ e il prezzo di vendita di 1,10€.

$$q_{opt} = F^{-1}\left(\frac{1,1 - 0,6}{1,1}\right)$$

$$q_{opt} = \mu + \sigma Z^{-1}(0,4545)$$

$$q_{opt} = 50 + 20(-0,11)$$

$$q_{opt} = 47,8 \approx 48$$

Questo significa che al venditore di giornali conviene acquistare 48 copie e in questo punto il profitto atteso è 24€.

Questo problema è molto utile per dimostrare alcune applicazioni pratiche della matematica in un contesto di supply chain.

Nella supply chain ci troviamo spesso in ambiente condizionato dalla fluttuazione della domanda, dall'instabilità produttiva, dalle scelte operative compiute dai competitor, dai fornitori o dagli acquirenti e anche da possibili cambianti ambientali, tecnologici o culturali. Tutti questi fattori concorrono a formare una situazione di incertezza.

In un contesto così variabile diventa impossibile (e inefficacie) operare in sistematica contrapposizione con i propri fornitori e i propri clienti ma, al contrario, la collaborazione tra tutti i livelli del canale diventa fondamentale per assicurare un servizio efficiente al cliente finale.

Con servizio efficiente si intendono tutti quegli aspetti immateriali, legati al prodotto (o al servizio) che creano e costituiscono un valore aggiunto per il cliente finale.

Il supply chain manager non deve interessarsi esclusivamente alla logistica interna all'azienda, ma deve anche verificare l'efficacia della logistica dei suoi fornitori e dei suoi clienti.

Fornitori affidabili e puntuali nelle consegne permettono una gestione ottimale delle scorte, al contrario, se consideriamo il nostro fornitore inaffidabile e riteniamo possibile che gli approvvigionamenti possano tardare, siamo costretti ad aumentare lo stock di materie prime, avendo maggiori costi di magazzino, oppure dobbiamo assumerci il rischio di non essere in grado di rifornire il nostro cliente nel momento necessario, con gravi ripercussioni sulla catena distributiva e il rischio di perdere la vendita o il cliente.

Allo stesso modo dobbiamo curare i rapporti con i clienti.

È inutile avere una perfetta gestione del magazzino e degli approvvigionamenti se poi non siamo in grado di rifornire efficientemente i nostri clienti, che devono avere i nostri prodotti nel momento che desiderano e come li desiderano.

Rispettare la conformità del prodotto e i tempi di consegna sono principi basilari che non vanno assolutamente trascurati perché sono aspetti che si ripercuotono su tutto il canale.

In particolare, la puntualità e la velocità di consegna permettono di offrire un servizio ad alto valore aggiunto per il quale i clienti potrebbero essere anche disposti a pagare un sovrapprezzo.

Torniamo per un momento al problema del venditore di giornali.

Una cosa che notiamo immediatamente è che la quantità acquistata è inferiore alla richiesta media giornaliera.

Questa è una potenziale perdita di profitto, ma il costo dei giornali, non permette al venditore di rischiare di avere dei giornali invenduti.

È possibile trovare un equilibrio migliore a questo problema se i due attori decidono di collaborare?

Ipotizziamo che, resosi conto delle opportunità perse, il venditore cerchi di fare un accordo con il suo fornitore, proponendogli uno sconto sul prezzo di acquisto, ma promettendogli che la quantità acquistata sarà maggiore.

Il fornitore, che deve sostenere un costo variabile di 0,10€ per ogni giornale prodotto, propone uno sconto di 5 centesimi.

In questo caso la quantità efficiente diventa:

$$q_{opt} = F^{-1}\left(\frac{1{,}1 - 0{,}55}{1{,}1}\right)$$

$$q_{opt} = \mu + \sigma Z^{-1}(0{,}5)$$

$$q_{opt} = 50 + 20(0)$$

$$q_{opt} = 50$$

Da un lato il venditore ci ha guadagnato perché il suo profitto atteso è aumentato di 3,50€ (27,5€ rispetto ai 24€ del caso precedente) ma, al contrario, il fornitore dei giornali vede il suo profitto ridursi, passando da 24€ nel caso precedente a 22,5€.

A queste condizioni il fornitore non è disposto a cambiare il prezzo di vendita perché il maggior numero di giornali venduti non compensa la perdita dovuta allo sconto applicato e la quantità acquistata e immessa nel mercato rimane uguale a 48.

Il fatto che per i due giocatori q=48 sia una soluzione Pareto efficiente non significa che sia la soluzione ottima del problema.

L'equilibrio raggiunto, infatti, si ripercuote sul consumatore finale, che ha più probabilità di rimanere senza giornale.

Dal momento che la quantità media giornaliera di giornali che sarebbero venduti è 50 mentre $q_{opt} = 48$ possiamo stimare che, in più della metà delle giornate, i giornali vengano esauriti prima che la domanda di mercato venga sodisfatta.
Una possibile soluzione è quella di fornire al rivenditore due copie extra rispetto a quanto richiesto, con la possibilità di pagarle solo nel caso in cui riesca a venderle.
In questo caso l'azienda fornitrice ha un profitto stimato 0,5€ in più al giorno e anche il venditore ha lo stesso guadagno stimato extra.
Anche i clienti dovrebbero essere contenti di questa situazione, infatti aumenta la loro disponibilità di giornali.
Una soluzione cooperativa di questo tipo è ottimale e amplifica il benessere di tutta la filiera produttiva e dei consumatori.
Siamo passati da una situazione iniziale, in cui il rischio dell'acquisto era in capo unicamente al rivenditore che, per non diminuire i suoi profitti, doveva mantenere la disponibilità di giornali più bassa rispetto alla domanda media di mercato, causando un disservizio al cliente finale, ad un contesto cooperativo, in cui l'azienda produttrice si prende in carico parte del rischio dell'invenduto ma, allo stesso tempo, entrambe le aziende guadagnano un profitto extra ed il cliente finale ha una disponibilità maggiore di giornali.
Una scelta contro-intuitiva se vista da un punto di vista competitivo (perché io come azienda dovrei prendermi parte del rischio dell'invenduto?) acquisisce piena validità se analizzata e studiata secondo un modello cooperativo.
Per le aziende è quindi fondamentale guardare alla catena di distribuzione nel suo complesso, verificare se sono presenti inefficienze o disservizi che potrebbero ripercuotersi sull'intero sistema.
In caso vengano individuate queste inefficienze, bisogna cercare di attuare una strategia collaborativa che permetta di massimizzare l'utilità di tutti gli attori coinvolti nel commercio.
Parlando di strategia e gestione ottimale della logistica, non si può non nominare Amazon che, ormai da anni, è diventato il punto di riferimento per l'intero settore.
La sua strategia non si può di certo definire cooperativa in senso stretto, ma, grazie alla sua posizione dominante ha potuto offrire un'ampia personalizzazione dei servizi offerti.
Ad esempio, un'azienda che vuole vendere i propri prodotti su Amazon può affidarsi completamente a loro, consegnando direttamente la merce nei loro magazzini e lasciando gestire a loro tutta la parte legata alla spedizione e allo stoccaggio, oppure può usare il sito come semplice finestra per i propri prodotti, usandolo per generare gli ordini di vendita e arrangiandosi per quanto riguarda la spedizione e la gestione del magazzino.

Il servizio è modulabile in base alle esigenze del cliente e permette alle aziende più strutturate che hanno una buona logistica interna, di utilizzare solo le capacità pubblicistica e di raggiungimento del cliente finale del sito internet, mentre, le imprese più piccole o che non riuscirebbero a gestire efficientemente una grossa mole di lavoro, hanno la possibilità, pagando un sovrapprezzo, di poter usufruire della efficientissima gestione logistica di un colosso come Amazon.

Se da un lato la definizione di questi due servizi ha chiaramente un fine strategico commerciale, possiamo comunque vedere una visione collaborativa nel suo insieme.

Un' impresa come Amazon potrebbe, in un'ottica non cooperativa, "chiudere" il proprio e-commerce a prodotti auto-prodotti (o acquistati da pochi fornitori selezionati). Questa strategia però perde di vista il benessere finale del cliente che potrebbe trovare meno scelta nel negozio e prezzi probabilmente più alti, dovuti ad un mercato che non è in concorrenza.

Allo stesso tempo, per i competitor di Amazon risulterebbe difficile competere, rischiando di non poter accedere al mondo delle vendite online con margini vantaggiosi.

Di conseguenza il mercato online sarebbe in difetto, sia per la qualità e quantità dei prodotti, sia per la tipologia di prezzi.

In questa maniera le piccole imprese possono accedere al mondo online, Amazon ha una rendita nell'affittare i suoi servizi logistici o di marketing e il sito ha molti più prodotti per soddisfare le esigenze dei consumatori.

1.3 Modello di contrattazione di Nash

1.3.1 formulazione e concetti chiave

In questa sezione, seguendo le analisi teoriche di Nagarajan e Sošić [16] e alcuni appunti di Irfan [11], andremo ad analizzare l'applicazione in diverse tipologie di supply chain del modello di contrattazione cooperativo ideato da Nash.

In particolare, vedremo qual è l'allocazione dei profitti tra i diversi giocatori che partecipano alla catena di distribuzione, in contesti diversi e con diverso potere di contrattazione e posizionamento all'interno della distribuzione.

Un aspetto che non abbiamo introdotto nei capitoli precedenti, è il potere di negoziazione che si evidenzia nella capacità di un giocatore di influenzare l'esito della contrattazione a suo vantaggio.

Il potere di negoziazione può derivare sia dal modello di negoziazione che si utilizza, che può attribuire specifico potere ad un giocatore, sia dalla posizione ricoperta dai singoli giocatori all'interno della supply chain, dalla concorrenza tra gli attori, dall'esistenza di opzioni esterne o dai meccanismi di contrattazione.

Nel primo caso si parla di fattore esogeno, mentre, negli altri casi, sono fattori specifici della catena di approvvigionamento e quindi endogeni.

Nelle nostre analisi vengono prese in considerazione le condizioni contrattuali che vengono decise nell'accordo, come il prezzo di scambio, la quantità acquistata, attività di promozione alla vendita o altri fattori rilevanti.

Il modello di contrattazione preso in considerazione per questa tesi è quello ideato da Nash nel 1951, il quale prova a risolvere il gioco di contrattazione cooperativa, nel quale i partecipanti devono raggiungere un accordo condiviso.

In caso i giocatori non riuscissero a raggiungere una decisione unanime, ci troviamo in una situazione di disaccordo, che può presentare una utilità positiva, negativa o nulla.

Edgeworth notò per primo che la soluzione trovata dovesse essere Pareto ottimale, infatti il punto di incontro, deve avere per tutti i giocatori una utilità maggiore rispetto al trovarsi in disaccordo, in quanto gli individui razionali non accetterebbero una soluzione B se ne esistesse un'altra, diciamo A, più vantaggiosa per almeno una delle due parti, ma non riuscì a trovare una soluzione ai problemi di contrattazione.

Nash per primo fornì una risposta soddisfacente a questo problema formulando una risoluzione assiomatica dello stesso, ovvero un modello di contrattazione che, rispettando tutti gli assiomi, identifica un'unica soluzione.

Questa teoria di contrattazione, benché non sia l'unico modello sviluppato nella letteratura economica, ha mostrato in prove empiriche di avvicinarsi molto alla realtà.

Nash ha formalizzato un problema di contrattazione tra due persone (ma facilmente estendibile a più soggetti) dove gli elementi del problema sono le due variabili (F, d) dove:

1. F è un sottoinsieme di $\mathbb{R}^2$, chiuso, convesso e non vuoto
2. $d = (d_1, d_2) \in F$
3. $F \cap \{(u_1, u_2) \in \mathbb{R}^2 : u_1 \geq d_1 \; e \; u_2 \geq d_2\}$ è non vuoto e limitato.

F rappresenta l'insieme di tutte le coppie di valori di utilità (u_1, u_2) che i due giocatori possono raggiungere, mentre *d* rappresenta la coppia di utilità nel punto di disaccordo.

Nash ha cercato una soluzione al problema, ovvero il raggiungimento di un punto di accordo, che soddisfacesse il seguente set di assiomi:

1. La soluzione al problema è simmetrica, ovvero due giocatori identici, ricevono lo stesso payoff;
2. La soluzione è un ottimo paretiano forte, ovvero è impossibile per entrambi i giocatori migliorare le proprie utilità rispetto alla soluzione trovata;
3. La soluzione al problema è ammissibile, ovvero rientra tra le soluzioni dell'insieme *F;*
4. La soluzione è indipendente dalle alternative irrilevanti.

In particolare, risulta non banale il quarto assioma.

Indipendenza dalle alternative irrilevanti significa che, se aggiungiamo degli elementi ad *F* che lo portano ad essere un insieme più grande F' e la soluzione del problema rientra nell'insieme iniziale *F,* allora la soluzione è indipendente dagli elementi aggiunti.

Rispettando gli assiomi appena dati, esiste ed è unica la soluzione Φ che si ottiene risolvendo:

$$\Phi(F, d) = argmax\,\{(x_1 - d_1)(x_2 - d_2) : x = (x_1, x_2) \in F, x \geq d\}$$

Con "argmax" indichiamo l'insieme dei punti di massimo della funzione $(x_1 - d_1)(x_2 - d_2)$ nell'insieme F.

Ora possiamo applicare questo modello al problema di contrattazione del venditore di giornali che abbiamo visto in precedenza, immaginando una situazione in cui un produttore (con utilità u_P) vende ad un rivenditore (con utilità u_R) i quali devono negoziare le condizioni commerciali, ovvero la quantità (Q) e il prezzo (w) delle copie acquistate.

Il rivenditore deve far fronte ad una domanda casuale la cui densità di probabilità è $f(\varepsilon)$ e deve piazzare un ordine Q in previsione della domanda.

Inoltre, sostiene costi unitari di acquisto (w), detenzione (h) e carenza (v), mentre i suoi ricavi unitari, ovvero il costo di vendita del singolo giornale, li indichiamo con s.

Il produttore sostiene un costo di produzione unitario c, mentre il prezzo di vendita all'ingrosso è w. In questo caso si suppone che il produttore produca esattamente la quantità richiesta Q.

Da questi parametri possiamo individuare il valore atteso del profitto del rivenditore come $E[\pi_R(\text{w, Q}, \varepsilon)] = \pi_R(w, Q)$ e il profitto atteso del produttore come $E[\pi_P(\text{w, Q}, \varepsilon)] = \pi_P(w, Q)$.

In questo problema, come in quasi tutti i problemi di contrattazione specifici della catena di distribuzione, il profitto atteso è assimilabile all'utilità attesa.

Ora costruiamo l'insieme delle utilità ammissibili come:

$$\Delta = \{(E(u_P(\pi_P(\text{w, Q}, \varepsilon))),\ E(u_R(\pi_R(\text{w, Q}, \varepsilon))) : (\text{w, Q}) \in T\}$$

dove T è un intervallo di $\mathbb{R}^2$, ovvero entrambe le variabili (w, Q) sono comprese in degli intervalli chiusi.

Dal momento che i giocatori sono neutrali al rischio, il valore atteso dallo scambio è uguale all'utilità attesa dei giocatori e quindi possiamo ipotizzare il punto di disaccordo con utilità (per entrambi i giocatori) uguale a zero.

Il significato di questa ipotesi è che, se da un determinato scambio i profitti attesi dai due giocatori sono X e Y, i giocatori sono indifferenti a ricevere lo stesso profitto partecipando o non partecipando alla contrattazione, ovvero ritengono ugualmente vantaggioso ricevere la quantità di denaro X o Y oppure partecipare alla contrattazione.

Due giocatori avversi al rischio, invece, riterranno più vantaggioso ricevere un profitto minore di X o Y senza partecipare alla contrattazione, in poche parole ritengono ci sia un rischio nel partecipare.

Ipotizzare il punto di disaccordo uguale a 0 è quindi sbagliato per giocatori avversi al rischio, che vedono un rischio implicito nella contrattazione, e quindi il punto di disaccordo deve avere un valore maggiore di zero.

In verità l'ipotesi è particolarmente rischiosa anche per i giocatori neutrali al rischio, perché implica che qualsiasi punto di spartizione sia migliore del punto di disaccordo.

In ogni caso, date queste ipotesi (neutralità al rischio e punto di disaccordo uguale a zero) possiamo immaginare i problemi di contrattazione come la spartizione di una torta.

Questa similitudine verrà utilizzata anche successivamente in questo elaborato.

Grazie gli assiomi sopra individuati e supponendo la neutralità al rischio, possiamo affermare che i giocatori troveranno sempre un accordo e la quantità negoziata sarà sempre Q_c, mentre il surplus del canale verrà allocato equamente tra i due giocatori tramite il prezzo coordinato w.

Ciò accade se il potere negoziale degli attori è identico, anche in contratti più complessi, purché si presuma che tutti i parametri del contratto vengano negoziati simultaneamente.

L'uguaglianza di potere negoziale tra i due giocatori è il presupposto fondamentale all'equa spartizione della torta, altrimenti, come è ragionevole immaginare, il giocatore più "potente" riceverà una utilità maggiore rispetto alla controparte.
Secondo Nash, la somiglianza tra due giocatori è assimilabile alla preferenza di rischio e quindi due giocatori neutrali al rischio devono ottenere uguale assegnazione dell'insieme ammissibile, come indicato dal primo assioma.
Da questo si deduce che i giocatori hanno anche lo stesso potere di contrattazione, altrimenti uno potrebbe prevalere sull'altro.
Al contrario, se i giocatori mostrano diversa propensione al rischio, in un problema di contrattazione, viene assegnata ad un giocatore, una utilità maggiore quando il suo avversario diventa maggiormente avverso al rischio.
Dal punto di vista pratico, questo significa che il potere contrattuale di un giocatore è tanto maggiore quanto è minore la propensione al rischio del suo avversario.
L'individuazione e la definizione delle preferenze di rischio dei giocatori è stato uno degli aspetti più significativi della teoria di Nash, anche se non è il solo strumento valido per inserire il potere di contrattazione all'interno del modello.

1.3.2 Il modello generalizzato della contrattazione di Nash

Nel sotto-paragrafo precedente abbiamo visto come sia possibile modificare le preferenze di rischio per rappresentare il potere di negoziazione.

Questo non è sempre la soluzione migliore, dal momento che di solito induce la non linearità dei costi e richiede che la discussione sia specifica per il contratto analizzato.

Con il suo modello generalizzato (GNB), Nash rappresenta il potere relativo dei giocatori senza pregiudicare l'ipotesi di neutralità al rischio.

Per fare questo è però necessario ignorare l'assioma della simmetria nel gioco, infatti, non essendo la spartizione della torta uguale, la soluzione non può essere simmetrica.

La formula risolutiva del GNB è:

$$\Phi(F, d) = argmax\,\{(x_1 - d_1)^{\alpha}(x_2 - d_2)^{\beta} : x = (x_1, x_2) \in F, x \geq d\}$$

Con $\alpha + \beta = 1$.

Con questi indici è possibile rappresentare in maniera approssimativa il potere relativo dei due giocatori neutrali al rischio.

L'interpretazione naturale di questi indici viene fornita da Muthoo con la teoria delle tattiche di impegno.

Secondo la teoria di Muthoo [15], ogni giocatore si compromette parzialmente prima della contrattazione, in relazione alla fetta di torta che vorrebbe ottenere, e la revoca di questo impegno ha un certo costo.

L'impegno parziale preso dal giocatore, influenza a suo favore l'insieme delle soluzioni ammissibili, motivo per cui, un giocatore parzialmente compromesso avrà anche un'utilità attesa più elevata. Questo nuovo equilibrio può essere descritto come una soluzione di contrattazione asimmetrica di Nash, in cui il potere contrattuale di un giocatore è una funzione strettamente crescente del suo costo marginale di revoca del suo parziale impegno.

Piuttosto sorprendentemente, maggiore è il costo marginale di un giocatore nel revocare il suo impegno parziale, maggiore è la quota della torta ricevuta.

Secondo questa interpretazione, i giocatori, prima di intraprendere un processo di negoziazione, attuano alcune azioni che li impegnano parzialmente nella contrattazione ancora prima che questa avvenga.

In questa situazione, più è significativo l'impegno precontrattuale, maggiore è il ritorno economico atteso dal giocatore.

Dal punto di vista pratico, questo potrebbe portare i diversi giocatori a dichiarare oneri precontrattuali maggiori di quelli realmente esistenti, per cercare di ottenere una fetta maggiore della torta.

Al contrario, nel momento che i giocatori iniziano il processo di contrattazione vero e proprio, dovranno minimizzare la loro compromissione nel contratto, per dimostrare che, anche se il contratto non si conclude, loro non subiscono una perdita.
Questo tipo di tattiche sono molto comuni nella pratica e sono spesso indicatrici del potere di contrattazione.
Un giocatore in grado di massimizzare il suo impegno percepito dagli altri nella fase precontrattuale e minimizzarlo quando è ora di concludere l'accordo, dimostra delle capacità di contrattazione superiore ai suoi avversari e, di conseguenza, un potere maggiore.
Introducendo questi indici e questi concetti siamo giunti ad un modello generale della contrattazione a due giocatori, che ci permette di rappresentare matematicamente sia la soluzione Pareto ottimale di allocazione, sia relative differenze di potere tra i due giocatori dovute a tattiche particolari di contrattazione o fattori intrinsechi nel modello.

1.3.3 NBG applicato al supply chain management

In questo sotto-paragrafo vedremo come è possibile applicare le teorie di contrattazione enunciate nei precedenti capitoli alle catene di approvvigionamento, facendo alcuni esempi pratici e cercando di rispecchiare il più possibile delle situazioni reali.

Le situazioni che verranno analizzate sono di tipo cooperativo, dal momento che, come abbiamo già approfondito, nella gestione della supply chain il malessere di uno dei membri limita l'efficienza del canale stesso mentre strategie particolarmente virtuose hanno un effetto positivo sull'intero sistema.

Il primo esempio di contrattazione cooperativo in un contesto di filiera lo troviamo con il lavoro di Kholi e Park [12] che studiarono un modello in cui un acquirente ed un venditore negoziano i termini di uno sconto in base alla quantità.

Attraverso l'utilizzo di un Nash bargaining problem gli autori studiano le allocazioni in funzione dell'avversione al rischio e del potere contrattuale.

Altri esempi sono Reyners e Tapiero [20] che usano un modello cooperativo formale per studiare l'effetto del prezzo e dei costi di garanzia post-vendita sulla quantità trattata e la qualità del prodotto finale, mentre Gurnan e Shi [10] hanno studiato una catena di fornitura business to business.

Nel nostro caso invece siamo interessati ad analizzare una situazione in cui tramite il riacquisto dei giornali, il produttore svolge la funzione di assicurazione per un rivenditore avverso al rischio.

Facciamo l'esempio riportato in alcuni appunti universitari trovati online.

Un commerciante potrebbe essere soggetto ad un incendio che distrugge completamente il suo negozio, provocando 100.000 € di danni, con una probabilità del 2%.

Il valore atteso per il proprietario senza assicurazione è 98.000 € (100.000 * 98% + 0 * 2%) mentre la perdita attesa è 2000 €.

In un contratto assicurativo equo il premio da pagare alla compagnia assicurativa è proprio pari a 2.000 euro (prevedendo un rimborso pari a 100.000 euro). Di conseguenza, nel caso non si verifichi nessun incendio l'assicurato ottiene un valore di 98.000 (100.000 meno 2.000 per il premio pagato); in caso di incendio, l'assicurato gode sempre di una ricchezza pari a 98.000, poiché, a fronte del premio pagato di 2.000, riceve il rimborso di 100.000 dalla compagnia assicurativa.

Come abbiamo visto nel sotto-paragrafo 1.3.1, per un giocatore neutrale al rischio è indifferente sottoscrivere o meno l'assicurazione, mentre un giocatore avverso al rischio sottoscriverà sempre l'assicurazione con premio equo.

L'assicurazione dal canto suo, offrendo il premio equo si comporta esattamente come un giocatore neutrale al rischio.

Riprendendo l'esempio di prima, consideriamo un sistema in cui un venditore di giornali acquista da un fornitore in previsione della domanda.

Come visto precedentemente, se i due giocatori sono neutrali al rischio, purché vengano negoziati tutti i parametri, otteniamo lo stesso risultato indipendentemente dallo schema contrattuale.

Questo tuttavia non è altrettanto vero se i giocatori sono avversi al rischio.

Analizziamo un modello identico a quello precedente, dove esiste un prodotto la cui domanda è casuale e presupponiamo che essa sia indipendente dal prezzo di vendita.

La distribuzione e la densità della domanda sono note e non c'è asimmetria informativa.

Anche in questo caso il produttore e il rivenditore negoziano i prezzi e la quantità ma, in questo caso, esiste un prezzo unitario all'ingrosso w che il produttore addebita al rivenditore ed un prezzo unitario di riscatto b che il rivenditore riceve per ogni copia invenduta che restituisce al produttore.

In questo problema i giocatori negoziano le possibili allocazioni sulla base del vettore prezzi-quantità P = (w, b, Q).

Secondo gli autori Nagarajan e Sosic [16], considerando il caso in cui il produttore è neutrale al rischio ma il rivenditore è avverso al rischio con utilità $u_R(\cdot)$ e i due giocatori stanno negoziando tutte le variabili (w, b, Q) otteniamo diversi risultati.

Innanzitutto, la negoziazione non è più paragonabile alla spartizione di una torta (come nei casi precedenti) e inoltre il riacquisto da parte del produttore neutrale al rischio agisce come un'assicurazione per il rivenditore.

Un'interessante conclusione a cui giungono gli autori (della quale però non forniscono la dimostrazione) è che se Q_c è la quantità che i giocatori si scambierebbero in un canale neutrale al rischio, se abbiamo un canale a due giocatori, di cui uno avverso al rischio, la soluzione Nash Bargaining non sceglierà mai Q_c.

L'avversione al rischio crea una situazione inefficiente per il canale ed infatti, come abbiamo visto nel nostro esempio, il produttore tramite un contratto di riacquisto fornisce una forma assicurativa al rivenditore che lo fa comportare come un soggetto neutrale al rischio.

Allo stesso modo, si può dimostrare che un distributore neutrale al rischio, posto tra un rivenditore ed un distributore avversi al rischio, migliora l'utilità di tutti i giocatori.

Abbiamo quindi visto come la cooperazione sia una scelta strategicamente migliore per la supply chain e come un agente neutrale al rischio, migliori l'utilità per tutti i partecipanti alla catena distributiva, avvicinando la soluzione all'ottimo paretiano a cui fa riferimento il primo teorema di Nash.

Allo stesso tempo i nostri ragionamenti sono arrivati a fornire una nuova prospettiva al ruolo dei distributori che, grazie al loro lavoro di intermediari, forniscono, in alcuni casi, una sorta di assicurazione, comportandosi come agenti neutrali al rischio e aiutando produttori e dettaglianti ad adeguarsi alla variabilità della domanda.

CAPITOLO 2

MODELLI PRATICI PER LA RISOLUZIONE DEI PROBLEMI DI CONTRATTAZIONE

2.1 Coordinazione nel supply chain management

In Questo paragrafo andremo ad analizzare alcuni possibili modelli per la gestione cooperativa della catena di distribuzione.

Con supply chain management (SCM) intendiamo la gestione del flusso di informazioni e materiali che attraversano le tre fasi tradizionali della catena distributiva: rifornimento delle materie prime, produzione e distribuzione al cliente finale.

Nel nostro elaborato, dal momento che in tutti i nostri esempi abbiamo ipotizzato una supply chain a 2 giocatori (produttore e distributore) tralasceremo la prima fase, ovvero il rifornimento delle materie prime, in quanto questa semplificazione non inficia i ragionamenti che andremo a fare.

Per descrivere i vari modelli operativi faremo riferimento al lavoro di Thomas e Griffin [5] i quali hanno individuato tre categorie principali di coordinazione tra i giocatori: Buyer – Vendor coordination, Production – distribution coordination e Inventory – Distribution coordination.

Nella prima categoria di modelli si prova ad individuare la quantità di merce da scambiare che sia ottimale sia per il compratore che per il venditore.

Nella pratica è come se le due aziende negoziassero sulla divisione dei profitti, fino a raggiungere una condizione Pareto efficiente.

Molti autori hanno studiato la soluzione di questo problema e sono stati presentati diversi algoritmi per trovare la Economic Order Quantity (EOQ).

Questi modelli prendono in considerazioni varie casistiche e situazioni reali.

Ad esempio Lee e Rosenblatt [13] hanno determinato la massimizzazione del profitto per un modello con un prodotto ed un compratore, Banarjee [2] ha sviluppato un modello per determinare la dimensione del lotto efficiente in un modello con un singolo compratore ed un unico produttore, invece Anupindi e Akella [1] hanno teorizzato delle politiche per ottimizzare le quantità ordinate in un modello con un unico compratore e più venditori, mentre Kholi e Park [12] si sono concentrati sulle politiche di approvvigionamento nel caso di un venditore ed un gruppo omogeneo di acquirenti.

La seconda categoria di modelli comprende quelli che coordinano la quantità prodotta con quella distribuita, ovvero quelli che cercano di produrre esattamente la quantità richiesta o, viceversa, di distribuire immediatamente la quantità prodotta.

In letteratura non troviamo molti studi a riguardo.
Il motivo di questa scarsità è principalmente dovuto alla complessità di gestire la produzione di certe macchine a flusso continuo, al fatto che, nella pratica, la distribuzione e la produzione siano separati dalle scorte di magazzino e alla difficoltà di coordinare i diversi reparti che si occupano delle due funzioni.
Tra i primi autori a studiare una possibile soluzione al problema troviamo Williams [22] che ha studiato un algoritmo per ridurre i costi di produzione e distribuzione in una rete di produzione e assemblaggio.
L'ultima categoria di modelli, ovvero l'Inventory – Distribution coordination, si concentra sulla efficiente gestione del magazzino e della distribuzione e si è dimostrata di particolare interesse con lo sviluppo dei cosiddetti multi-echelon inventory systems.
Questi nuovi sistemi di gestione sono diventati comuni nelle grosse imprese multinazionali che hanno bisogno di più livelli distributivi, in quanto un unico distributore non sarebbe sufficiente a gestire efficientemente tutti gli approvvigionamenti.
Possiamo portare l'esempio di una marca di vestiti economici, la cui produzione viene interamente effettuata in fabbriche cinesi e che deve distribuire i suoi vestiti in Europa, America e Asia.
Con un sistema multi-echelon avremmo un distributore di partenza vicino alle fabbriche, che approvvigionerà i distributori presenti nei tre continenti, che a loro volta approvvigioneranno i distributori dei singoli stati.
Questo semplice esempio aiuta a capire le modalità distributive, ma esistono catene di distribuzione multi-echelon con molti più livelli.
In questo sistema di distribuzione esiste un problema di coordinazione tra i diversi livelli, infatti, per diminuire i costi, ogni distributore tenderà a ridurre al minimo le proprie scorte, causando un danno ai livelli a valle della catena.
La coordinazione tra i diversi livelli serve a garantire un flusso costante, che riduca i costi di magazzino per tutti i distributori.
I primi che studiarono questo problema furono Clark e Scarf [4], ma, data anche l'enorme importanza strategica di queste ricerche, molti altri autori hanno offerto il loro contributo per individuare modelli di gestione cooperativa efficiente.
Introdotti i concetti di coordinazione e visti i principali modelli e aree di ricerca, presentiamo una ricerca che mette a confronto due modelli teorici per provare a fornire uno spunto di riflessione riguardo l'utilizzo degli stessi come strumento decisionale per i supply chain manager.

2.2 Strategia ottimale in un modello di cooperazione integrato

In questo paragrafo andremo ad analizzare numericamente un modello cooperativo integrato tra un venditore ed un compratore per la gestione del magazzino, basandoci sul lavoro di Viswanathan [21].

Questo modello considera la situazione in cui un venditore ed un compratore devono coordinare la loro produzione e le loro strategie di magazzino, in modo da minimizzare il costo congiunto medio annuale che comprende il costo per modificare il setup della produzione, il costo di piazzare l'ordine e il costo di magazzino.

È un problema che rientra nei modelli Buyer – Vendor coordination, ma, introducendo l'ottimizzazione del magazzino, presenta alcuni aspetti del l'Inventory – Distribution coordination, senza però entrare nello specifico della gestione delle scorte.

In letteratura sono state proposte due strategie per risolvere il problema: quella di Lu [14] secondo cui si può ottimizzare il problema ipotizzando che l'acquirente ordini la stessa quantità ad ogni rifornimento (identical delivery quantity - IDQ) e quella di Banerjee [2] e Goyal [9] che per risolvere il problema hanno adottato la strategia "deliver what I produced" (DWP) secondo cui ad ogni consegna viene inviato tutto il materiale disponibile nel magazzino del venditore.

Dal momento che diversi autori offrono soluzioni differenti allo stesso problema di ottimizzazione, Viswanathan ha messo a confronto queste due strategie per valutare quale delle due fosse la migliore al variare dei parametri del problema.

Di seguito presentiamo le soluzioni al problema offerte da Lu e da Goyal e le mettiamo a confronto.

Per prima cosa esponiamo la notazione che verrà utilizzata per i nostri esempi:

Z = costi totali annui

H_v = costo unitario di magazzino per il venditore

H_c = costo unitario di magazzino per il compratore

S = costo per modificare il setup della produzione per il venditore

A = costo di piazzare un ordine per il compratore

P = tasso di produzione annuo

D = domanda annuale del compratore

$\gamma =$ indica la percentuale di prodotto che il compratore domanda = D/P

n = P/D

Q = quantità prodotta in un ciclo produttivo (lotto).

T = durata di un ciclo o tempo che intercorre tra i cicli = Q/D

k = numero di ordini di grandezza uguale al lotto standard.

$\alpha = \text{A/S}$

$\beta = \text{H}_c/\text{H}_v$= rapporto del costo di detenzione.

Esponiamo la strategia IDQ come illustrata da Lu.

Per il venditore il costo annuale è:

$$Z_v = \text{S/T} + \tfrac{1}{2}\text{DH}_v\text{T}[1 - \gamma + ((2\gamma - 1)/\text{k})]$$

Ovvero il costo per modificare il setup in relazione alla durata del ciclo produttivo (S/T) più la metà del costo di magazzino per le unità richiesta dal compratore per il tempo che la merce deve stare nel magazzino, rappresentato da T[1 - γ + ((2 γ - 1)/k)].

Mentre il costo per il compratore è:

$$Z_c = \text{Ak/T} + \tfrac{1}{2}\text{DH}_c\ (\text{T/k})$$

Ovvero il costo degli ordini piazzati (Ak/T) più il costo di magazzino in relazione al tempo.

Da queste equazioni si ricava il costo totale annuo per specifici valori di T e k, ovvero:

$$\text{Z(T, k)} = Z_v + Z_c = (\text{ Ak + S})/\text{T} + \tfrac{1}{2}\text{DT}\{\text{H}_v\ [1 - \gamma + ((2\gamma - 1)/\text{k})] + \text{H}_c\ [1/\text{k}]\}$$

E per un dato valore di k, possiamo trovare il valore ottimo di Z:

$$\text{Z(k)} = \sqrt{2\text{D}\{\text{Ak} + \text{S}\}\{\text{H}_v[1 - \gamma + ((2\gamma - 1)/\text{k})] + \text{H}_c\ [1/\text{k}]\}}$$

Che si può scrivere come

$$\text{Z(k)} = \sqrt{2\text{SDH}_v\{\tfrac{\text{A}}{S}\text{k} + \tfrac{\text{S}}{S}\}\{\tfrac{\text{H}_v}{\text{H}_v}[1 - \gamma + ((2\gamma - 1)/\text{k})] + \tfrac{\text{H}_c}{\text{H}_v}\ [1/\text{k}]\}}$$

E poiché $\alpha = \text{A/S}$ e $\beta = \text{H}_c/\text{H}_v$ allora

$$\text{Z(k)} = \sqrt{2\text{SDH}_v\{\alpha\text{k} + 1\}\{1\left[1 - \gamma + \left(\frac{(2\gamma - 1)}{k}\right)\right] + [\frac{\beta}{k}\}}$$

Da cui

$$\text{Z(k)} = \sqrt{2DSH_v}\sqrt{\{\alpha k + 1\}\{1 - \gamma + \left(\frac{2\gamma - 1 + \beta}{\text{k}}\right)\}}$$

A questo punto, minimizzando la funzione $Z^2(k)$ troviamo il valore ottimo di k, ponendo un valore di k ($k_{1)}$ tale che:

$$(k_1 - 1)\, k_1 \leq \{(2\gamma - 1 + \beta)/((1 - \gamma)\,\alpha)\} \leq k_1\ (k_1 + 1)$$

Quindi, per concludere, il costo annuo ottimale secondo una IDQ strategy è:

$$Z^*(\text{IDQ}) = \sqrt{2DSH_v}\sqrt{\{\alpha k + 1\}\{1 - \gamma + \left(\frac{2\gamma - 1 + \beta}{k_1}\right)\}}$$

Nella strategia DWP invece, per un particolare valore di k il costo ottimo annuale come formulato da Banerjee [2] e Goyal [9] è:

$$\mathrm{Z(k)} = \sqrt{\frac{2D(\mathrm{H}_c + \left(\frac{\mathrm{H}_v}{n}\right))(n-1)(n^k+1)(S+kA)}{(n+1)(n^k-1)}}$$

poiché n = 1/γ allora

$$\mathrm{Z(k)} = \sqrt{\frac{2D(\mathrm{H}_c + \left(\frac{\mathrm{H}_v}{n}\right))(\frac{1}{\gamma}-1)(\frac{1}{\gamma^k}+1)(S+kA)}{(\frac{1}{\gamma}+1)(\frac{1}{\gamma^k}-1)}}$$

Da cui

$$\mathrm{Z(k)} = \sqrt{\frac{2D(\mathrm{H}_c + \left(\frac{\mathrm{H}_v}{n}\right))(\frac{1-\gamma}{\gamma})(\frac{1+\gamma^k}{\gamma^k})(S+kA)}{(\frac{1+\gamma}{\gamma})(\frac{1-\gamma^k}{\gamma^k})}}$$

e

$$\mathrm{Z(k)} = \sqrt{\frac{2D(\mathrm{H}_c + \gamma\mathrm{H}_v)(1-\gamma)(1+\gamma^k)(S+kA)}{(1+\gamma)(1-\gamma^k)}}$$

Da cui

$$\mathrm{Z(k)} = \sqrt{\frac{2DSH_v(\frac{\mathrm{H}_c}{H_v} + \gamma\frac{H_v}{H_v})(1-\gamma)(1+\gamma^k)(\frac{S}{S}+k\frac{A}{S})}{(1+\gamma)(1-\gamma^k)}}$$

E poiché $\alpha = \mathrm{A/S}$ e $\beta = \mathrm{H}_c/\mathrm{H}_v$ allora

$$\mathrm{Z(k)} = \sqrt{2DSH_v}\sqrt{\frac{(\beta+\gamma)\,(1-\gamma)(1+\gamma^k)(1+k\alpha)}{(1+\gamma)(1-\gamma^k)}}$$

Poiché l'espressione nella prima radice è una costante, possiamo trovare il valore ottimo di k (che chiamiamo k_2) cercando il numero intero che minimizza l'equazione nella seconda radice quadrata.

Da questo deriviamo la quantità ottima:

$$Z^*(\mathrm{DWP}) = \sqrt{2DSH_v}\sqrt{\frac{(\beta+\gamma)\,(1-\gamma)(1+\gamma^{k_2})(1+k_2\,\alpha)}{(1+\gamma)(1-\gamma^{k_2})}}$$

Adesso l'autore ha fatto il rapporto delle due equazioni ottenute per analizzare quali delle due fornisse la soluzione ottimale.

Ne emerge che nessuna delle due strategie è ottimale in senso assoluto in quanto:

$$R = \frac{100Z^{*}(IDQ)}{Z^{*}(DWP)} = \sqrt{\frac{(1+\gamma)(1-\gamma^{k_2})\{\alpha k + 1\}\{1 - \gamma + \left(\frac{2\gamma - 1 + \beta}{k_1}\right)}{(\beta+\gamma)\,(1-\gamma)(1+\gamma^{k_2})(1+k_2\,\alpha)}}$$

Infatti, al variare dei parametri α, β e γ anche il valore di R cambia e, nello specifico, valori maggiori di 100 implicano che la strategia DWP sia la migliore, mentre per valori inferiori, diventa più efficiente IDQ.

Per valutare queste variazioni l’autore ha usato un calcolo numerico che ha dato forma alla seguente tabella:

Table 1
Relative performance of the two strategies

$\alpha = A/S$	$\beta = H_b/H_v$	Ratio of cost of the best IDQ policy to the cost of the best DWP policy expressed as a percentage.			
		$\gamma = 0.20$	$\gamma = 0.40$	$\gamma = 0.60$	$\gamma = 0.80$
0.01	1.00	104.824	107.909	111.248	115.988
0.01	1.25	97.091	100.891	104.972	110.490
0.01	1.50	90.983	95.258	99.833	105.904
0.01	1.75	86.008	90.603	95.517	102.002
0.01	2.00	81.871	86.678	91.832	98.630
0.01	3.00	70.338	75.482	81.095	88.629
0.05	1.00	107.152	111.963	116.136	120.484
0.05	1.25	101.118	106.208	111.021	116.193
0.05	1.50	96.176	101.555	106.751	112.607
0.05	1.75	92.062	97.614	103.170	109.534
0.05	2.00	88.533	94.289	100.123	106.876
0.05	3.00	78.597	84.689	91.105	98.977
0.10	1.00	107.417	112.551	117.009	120.269
0.10	1.25	102.554	107.648	112.532	116.725
0.10	1.50	98.518	103.686	108.973	113.720
0.10	1.75	94.915	100.265	105.836	111.159
0.10	2.00	91.892	97.472	103.233	108.955
0.10	3.00	83.205	88.979	95.390	102.327
0.20	1.00	107.417	112.724	116.122	118.619
0.20	1.25	103.647	108.711	112.710	115.797
0.20	1.50	100.901	105.657	109.853	113.450
0.20	1.75	97.993	102.987	107.296	111.441
0.20	2.00	95.451	100.513	105.186	109.664
0.20	3.00	88.252	93.562	98.826	104.433
0.50	1.00	101.905	109.859	113.555	114.689
0.50	1.25	101.905	107.333	110.968	112.927
0.50	1.50	100.901	105.433	108.956	111.401
0.50	1.75	98.809	103.952	107.345	109.983
0.50	2.00	97.163	102.764	106.026	108.804
0.50	3.00	93.026	97.596	101.567	105.246
1.00	1.00	100.000	106.134	109.949	111.258
1.00	1.25	100.000	106.134	108.453	110.018
1.00	1.50	100.000	105.433	107.299	109.037
1.00	1.75	100.000	103.952	106.382	108.242
1.00	2.00	100.000	102.764	105.636	107.375
1.00	3.00	96.825	99.695	102.503	104.852
2.00	1.00	100.000	100.687	106.274	107.863
2.00	1.25	100.000	100.687	106.274	107.204
2.00	1.50	100.000	100.687	105.851	106.684
2.00	1.75	100.000	100.687	104.946	106.265
2.00	2.00	100.000	100.687	104.210	105.684
2.00	3.00	100.000	99.695	102.262	103.931

I risultati di questo studio mostrano che nessuna delle due strategie è migliore dell’altra per tutti i parametri del problema.
Si osserva che man mano che β cresce, tenendo stabili gli altri parametri, la strategia IDQ diventa più efficacie.
Questo perché se il costo di magazzino per il compratore aumenta, diventa più conveniente stoccare le scorte presso il venditore.
Al contrario, al crescere del parametro γ la strategia dominante è DWP, perché al decrescere del tasso di produzione il produttore avrà difficolta a sostenere la domanda e diventa conveniente consegnare tutta la disponibilità ad ogni ordine di acquisto.
Per il parametro α, invece, non si sono visti particolari trend.
Questo è probabilmente legato al fatto che entrambe le strategie hanno una certa flessibilità che consente di adattare il valore di k al variare di α.
Secondo questi due modelli non esiste quindi un’unica soluzione per i problemi cooperativi legati alla supply chain, ma bisogna fare una valutazione caso per caso e cercare la risoluzione ottimale al problema mettendo a confronto diverse strategie.

CONCLUSIONI

Tramite l’esposizione e la discussione di molti esempi pratici abbiamo dimostrato l’importanza della gestione della supply chain per generare vantaggio competitivo e con l’obiettivo di ottimizzare i flussi aziendali.

Sono stati visti i principali modelli teorici finora sviluppati e i loro ambiti di applicazione pratica.

Abbiamo dimostrato come sia fondamentale adottare un approccio cooperativo nella gestione dei problemi organizzativi che possono sorgere nella supply chain e come il benessere dei singoli giocatori si rifletta sull’efficienza dell’intera catena.

Con il commercio online la distribuzione su vasta scala è diventato uno dei settori con le maggiori potenzialità di crescita, ma, allo stesso tempo, il gran numero di attori che ambiscono ad una posizione dominante lo rendono altamente competitivo.

L’organizzazione efficiente della logistica è un aspetto particolarmente critico per le imprese multinazionali che devono gestire la movimentazione di grossi volumi di merce.

È il caso delle grosse piattaforme di vendita online come Amazon e Alibaba che devono coordinare i loro diversi centri di stoccaggio presenti in più paesi del mondo.

dominante la rendono estremamente competitiva.

Nel paragrafo 2.1, tra le tre categorie individuate da Thomas e Griffin, avevamo presentato i modelli di Inventory – Distribution coordination e i multi-echelon inventory systems.

Questo tipo di modelli sono ancora legati ad un concetto tradizionale di distribuzione e non si adattano alle nuove tipologie di distribuzione dove le imprese più piccole cercano di esternalizzare il più possibile gli aspetti della logistica più gravosi.

I modelli teorici sono fondamentali per individuare possibili soluzioni ai nuovi problemi distributivi e ad aiutare i manager della supply chain a prendere decisioni strategiche.

Nei prossimi anni mi aspetto che nuove ricerche contribuiscano allo sviluppo di questa disciplina e che vengano teorizzati nuovi modelli matematici.

Mi auguro che le ricerche non siano relegate esclusivamente all’ambito accademico, ma che concentrino i loro sforzi per aiutare le realtà imprenditoriale, con un occhio di riguardo per le imprese di piccole-medie dimensioni che rischiano di essere quelle maggiormente danneggiate dai cambiamenti che stanno avvenendo negli ultimi anni.

Bibliografia e sitografia

[1] Anupindi R., and Akella, R., Diversification under supply uncertainty, Management Science 39/8 (1993) 944-963.

[2] Banerjee A., A joint economic lot-size model for purchaser and vendor, Decision Sciences 17 (1986) 292-311; 19 (1988) 236-241.

[3] Bernoulli D., Commentarii Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae (di San Pietroburgo) (1738).

[4] Clark A.J. e Scarf H., Optimal policies for a multi-echelon inventory problem, Management Science 6 (1960) 475-490.

[5] Douglas D. J., Griffin P. M., Coordinated supply chain management, European Journal of Operational Research 94 (1996) 1-15

[6] Edgeworth F. Y., The Mathematical Theory of Banking, Journal of the Royal Statistical Society 51 n. 1 (1888) 113–127.

[7] Ellsberg D., Risk, Ambiguity, and the Savage Axioms, in Quarterly Journal of Economics 75 n. 4 (1961) 643–669.

[8] Fragnelli V., Teoria dei giochi, dispense, Università del Piemonte Orientale (2010).

[9] Goyal S.K., A joint economic lot-size model for purchaser and vendor: comment, Decision Science 19 (1988) 236-241.

[10] Gurnani, H., Shi, M., A Bargaining Model for a First-Time Interaction Under Asymmetric Beliefs of Supply Uncertainty, Management Science 52 n. 6 (2006).

[11] Irfan M. T., Explanation of Nash's Theorem and Proof with examples, Bowdoin College.

[12] Kohli R., and Park H., Coordinating buyer-seller transactions across multiple products, Management Science 40 n. 9 (1994) 45-50.

[13] Lee H.L. e Rosenblatt M.J. A generalized quantity discount pricing model to increase supplier profits, Management Science 32 n.9 (1986) 1117 – 1185.

[14] Lu L., A one-vendor multi-buyer integrated inventory model, European Journal of Operational Research 81 (1995) 312-323.

[15] Muthoo A., A Bargaining Model Based on the Commitment Tactic, Journal of Economic Theory 69 (1996) 134-152.

[16] Nagarajan M., Šošić G., Game-Theoretic Analysis of Cooperation Among Supply Chain Agents: Review and Extensions, European Journal of Operational Research, 187 (2008) 719-746.

[17] Neumann J.V., Morgenstern O., Theory of Games and Economic Behavior, Princeton University Press (1944).

[18] Patrone F., Aspetti formali delle teorie della contrattazione di Nash e Kalai Smorodinsky.

[19] Patrone F., Teoria dei giochi, dispense, Trento (2003).

[20] Reyniers D.J., Tapiero C.S., The delivery and control of quality in Supplier-Producer Contracts, Management Science 41 (1995) 1581-1589

[21] Viswanathan S., Optimal strategy for the integrated vendor-buyer inventory model, Nanyang Business School, Nanyang Technological University, Singapore (1996).

[22] Williams J.F. A hybrid algorithm for simultaneous scheduling of production and distribution in multi-echelon structures, Management Science 29 n. 1 (1981) 77-92.

[23] https://en.wikipedia.org/wiki/Newsvendor_model

[24] https://it.wikipedia.org/wiki/Teoria_dell%27utilit%C3%A0_attesa#:~:text=Nel%20teorema%20dell'utilit%C3%A0%20attesa,utilit%C3%A0%20di%20von%20Neumann%20%2D%20Morgenstern.

[25] https://it.wikipedia.org/wiki/Paradosso_di_San_Pietroburgo

[26] https://it.wikipedia.org/wiki/Paradosso_di_Ellsberg

Numero di parole (bibliografia esclusa): 8971