

POLITECNICO DI TORINO
Corso di Laurea in Ingegneria Gestionale



ELABORATO DI LAUREA

RELATORI: Federico Della Croce di Dojola
Fabio Guido Mario Salassa

CANDIDATO: Gianluca Viberti

Luglio 2018

POLITECNICO DI TORINO

Collegio di Ingegneria Gestionale
Corso di Laurea in Ingegneria Gestionale

ELABORATO DI LAUREA

FERRERO MANGIMI S.p.A.:
STUDIO NUOVO TARIFFARIO PER I TRASPORTI
ED ALGORITMO PER L'OTTIMIZZAZIONE
DELLE CONSEGNE

RELATORI

Federico Della Croce di Dojola
Fabio Guido Mario Salassa

Gianluca Viberti

Luglio 2018

INDICE

	pagina
<i>Introduzione</i>	IV
CAPITOLO 1 La Ferrero Mangimi S.p.A.	1
1.1 Storia	1
1.2 L'organizzazione delle produzioni	3
CAPITOLO 2 Analisi tariffario attuale e relative problematiche	5
2.1 L'ufficio logistico	5
2.2 Tariffario attuale	8
2.2.1 Costo del trasporto del mangime in andata	9
2.2.2 Ritorni a vuoto	11
2.2.3 Soste	12
2.2.4 Consegne disagiate	12
2.2.5 Altri bonus	13
2.2.6 Trasporto materie prime	14
2.2.7 Problematiche tariffario attuale	15
2.2.8 Esempi applicazione tariffario attuale	18
CAPITOLO 3 Proposta nuovo tariffario ed esempi applicativi di confronto tra i due metodi	20
3.1 Componenti nuovo tariffario	21
3.1.1 Costo del carburante	21
3.1.2 Costo dei pedaggi autostradali	25
3.1.3 Costo del personale	26

3.1.4 Compensi aggiuntivi	27
3.1.5 Il caso delle motrici	27
3.1.6 Confronto tariffari	28
3.1.7 Tariffario materie prime	33

CAPITOLO 4 Post-ottimizzazione dei viaggi creati dagli operatori logistici 36

4.1 Ottimizzazione combinatoria	36
4.1.1 Complessità computazionale	37
4.1.2 Algoritmi esatti e algoritmi euristici	39
4.2 Algoritmo creato	44
4.2.1 Input	44
4.2.2 Funzione obiettivo	45
4.2.3 Algoritmo	46
4.2.4 Output grafico	48

CAPITOLO 5 Analisi dei risultati e proposte migliorative ai metodi lavorativi 50

5.1 Destinazioni distanti tra i 100 e i 150 km dallo stabilimento	51
5.2 Destinazioni distanti meno di 30 km dallo stabilimento	52
5.3 Destinazioni distanti tra i 0 e i 100 km dallo stabilimento	54
5.4 Caso generale con consegne entro i 200 km dallo stabilimento	56
5.5 Test sulle consegne in partenza dallo stabilimento di Altamura	57

5.6 Applicazione dell'algoritmo con funzione obiettivo di ottimizzazione basata sui chilometri	58
5.7 Risultati complessivi	60
CAPITOLO 6 Conclusioni	61
Bibliografia	63

INTRODUZIONE

La Ferrero Mangimi Spa è un'azienda che produce alimenti zootecnici per animali da reddito da oltre 50 anni. Nata in Piemonte, in un piccolo comune del cuneese, lavora attualmente su tutto il territorio italiano, con sette poli produttivi. Con oltre cinque milioni di quintali di mangime prodotto ogni anno, si classifica oggi come leader a livello nazionale nel suo settore per le vendite a terzi.

Al termine del conseguimento della laurea triennale in Ingegneria Gestionale mi è stato proposto di entrare a far parte dello staff dell'ufficio logistico dell'azienda. Da circa due anni lavoro in Ferrero Mangimi, e il mio compito è quello di pianificare le consegne di prodotto finito ai clienti, gestendo quindi, in collaborazione con altri colleghi, i piani produttivi giornalieri dei vari stabilimenti.

L'azienda è cresciuta con il passare degli anni, e, soprattutto nell'ultimo periodo, ha riscontrato un notevole aumento sia della produzione che del fatturato. I sistemi di lavoro che venivano utilizzati all'inizio del cammino dell'azienda si sono dovuti adattare progressivamente alla sua crescita. Una delle ultime necessità riscontrate, è stata quella di rinnovare il sistema tariffario utilizzato per remunerare i trasportatori che collaborano con l'azienda. Con il crescere dei volumi prodotti e trasportati dalla società, il metodo di calcolo è diventato progressivamente sempre di più difficile applicazione. È per questo motivo che mi stato chiesto di studiare un nuovo sistema tariffario da implementare in azienda.

Il contenuto della tesi si basa proprio sul lavoro che ho svolto per realizzare un nuovo metodo di calcolo che permettesse a Ferrero di distribuire i compensi ai trasportatori con un sistema più agevole e più elastico. Inoltre, ho ideato un algoritmo implementato in linguaggio C che analizza i viaggi creati quotidianamente dagli operatori logistici, e mostra una eventuale riorganizzazione delle consegne, con l'obiettivo di ottenere un risparmio economico.

Nel primo capitolo di quest'elaborato vengono spiegati gli avvenimenti più importanti del gruppo Ferrero, indicando le scelte societarie che negli anni hanno portato l'azienda ad essere leader a livello nazionale.

Nel capitolo successivo, partendo dall'analisi del metodo di lavoro utilizzato all'interno dell'ufficio logistico, si spiega l'articolazione del sistema tariffario attuale e, riportando alcuni esempi, si analizza la com-

plexità della sua applicazione e tutte le problematiche che ogni giorno sorgono nel dover attribuire un costo ad ogni viaggio.

Nel terzo capitolo viene esposto lo studio effettuato per la realizzazione del nuovo metodo ideato al fine di migliorare la fatturazione dei viaggi, senza però andare a mutare i compensi totali dati ai trasportatori. Con l'utilizzo di esempi applicativi si mostra come la nuova proposta riesca a ripercorrere le volontà del tariffario precedente.

Nel quarto capitolo viene illustrato l'algoritmo proposto (creato in linguaggio C) per l'ottimizzazione dei viaggi. Nel quinto capitolo vengono presentati i relativi risultati computazionali.

L'elaborato si conclude con l'indicazione delle scelte aziendali intraprese a seguito del lavoro svolto per la realizzazione del nuovo tariffario.

CAPITOLO 1

La Ferrero Mangimi S.p.A.

La Ferrero Mangimi, con un fatturato di 174 milioni di euro e 100 dipendenti, è ad oggi uno dei colossi nel campo della produzione di mangimi a livello nazionale e mira ad ampliare sempre di più i propri mercati cercando di portare continue migliorie ai prodotti e ai servizi, così come avviene dal 1959.

1.1 Storia

L'attuale Ferrero Mangimi nasce il 12 ottobre 1959 a Farigliano, piccolo paese in provincia di Cuneo. L'azienda inizia a lavorare per il territorio locale, e, poco per volta, espande la propria produzione verso tutta la penisola italiana.

Nel 1995, poiché risultava impossibile soddisfare le richieste della clientela con la sola produzione di Farigliano, viene affittata un'unità produttiva in Cavallerleone (CN). In questo momento viene fatta una scelta che negli anni si dimostrerà lungimirante, cioè differenziare le produzioni specializzandole per stabilimento. Con l'aumento sempre maggiore della domanda si crea la necessità di avere nuovi centri produttivi. Per questo motivo nel 2000 la società acquista lo stabilimento di Fossano (CN), provvedendo ad un sostanziale riammodernamento degli impianti. Nel 2004, inoltre, viene acquistato lo stabilimento di Urgnano (BG).

L'apertura di quest'ultimo sito si è resa necessaria a causa delle grandi richieste di prodotto dall'est dell'Italia. Nel 2014, poi, si procede con un nuovo investimento, l'acquisizione del centro produttivo di Sorbolo (PR). Questo stabilimento è entrato in funzione nel mese di agosto 2015, ed ormai è diventato, insieme alla sede di Fossano, il maggior polo della società, con circa 8000 quintali di mangime prodotti al giorno. Nel frattempo, però, è stato chiuso il mangimificio di Cavallerleone, ormai troppo piccolo per le produzioni del gruppo. Negli anni inoltre l'azienda, per riuscire a soddisfare le richieste della clientela, ha cominciato ad avvalersi della cooperazione del centro produttivo del Consorzio di Treviso, che esegue lavorazioni conto terzi per le produzioni di mangime per conigli. Con il passare del tempo l'azienda ha cercato di allargare sempre di più il proprio paniere di clienti, ed ha acquistato uno stabilimento in Sardegna, ad Iglesias, il quale produce e commercializza all'interno dell'isola i prodotti a marchio Ferrero, puntando in modo particolare sugli ovini, fiore all'occhiello del territorio. La Ferrero Mangimi ha inoltre una partecipazione in una società spagnola, la Ferrero Nutrition, la quale produce mangimi autonomamente nello stabilimento di Olombrada e li commercializza in Spagna. L'anno 2017 è stato per l'azienda un periodo di grandi cambiamenti. Sono stati almeno tre gli avvenimenti che hanno modificato la storia della società. Innanzi tutto l'acquisizione di un nuovo stabilimento ad Altamura, un comune nella provincia di Bari. Il polo produttivo si è subito rilevato strategico per riuscire a soddisfare le esigenze della clientela del centro e del sud Italia, ed ha permesso di ridurre i costi di trasporto rispetto all'organizzazione precedente. Il secondo avvenimento importante vede la realizzazione di coloranti per mangimi, una produzione che può essere quasi definita d'eccellenza, in quanto è realizzata da pochi produttori nel mondo. Questo nuovo prodotto permette a Ferrero di vendere in tutta Europa e non solo, grazie anche all'accordo con l'azienda bolognese Add-co Nutrition, che si occupa della sua commercializzazione. L'ultima grande novità è la scelta di puntare maggiormente sulle produzioni di mangime biologico. Questa strategia è stata realizzata stringendo un accordo di produzione in esclusiva con la Safid srl di Marsciano (PG). Essendo un settore in grande espansione, l'azienda ha deciso di investire in questo campo, per poter servire la clientela sia del Nord che del Sud Italia.

1.2 L'organizzazione delle produzioni

Come accennato in precedenza, una scelta vincente della società è stata quella di specializzare ogni singolo stabilimento su produzioni specifiche. I prodotti dell'azienda vengono suddivisi in quattro macro categorie, in base all'animale a cui sono destinati: suini, ruminanti, conigli e avicoli. A Fossano si realizzano mangimi per suini, avicoli e premix (concentrati di vitamine da utilizzare per la produzione di mangime). Il polo produttivo di Farigliano è, invece, dedicato alle lavorazioni non ogm per ruminanti e suini. La sede di Sorbolo è specializzata esclusivamente sui suini, e, grazie alla sua posizione strategica, permette di servire anche i clienti del centro e del Sud Italia. Altamura attualmente si occupa di produzioni bovine e ovine. Lo stabilimento di Urganò, invece, risulta essere l'unico in grado di produrre contemporaneamente mangimi per suini e ruminanti. Infine, presso il Consorzio di Treviso e Safid srl sono allocate le produzioni specifiche rispettivamente per i conigli e per il biologico. Per quanto riguarda il polo produttivo di Iglesias, quest'ultimo adegua la realizzazione dei prodotti in base alle necessità e alle richieste della clientela dell'isola (figura 1.1). (per ulteriori informazioni sui prodotti si veda [7]).



Figura 1.1 Stabilimenti produttivi

CAPITOLO 2

Analisi tariffario attuale e relative problematiche

2.1 L'ufficio logistico

L'ufficio logistico, posto all'interno dello stabilimento di Fossano, può essere considerato il cuore della Ferrero Mangimi. Le scelte operative prese dagli addetti, infatti, vanno a scandire le produzioni di tutti gli stabilimenti sparsi sul territorio peninsulare, mentre l'unico polo a gestione autonoma risulta essere quello sardo di Iglesias.

In questo ufficio sono impegnati 7 addetti. Uno di essi ha il compito di ricevere e validare gli ordini, i quali vengono resi immediatamente disponibili per gli operatori della parte logistica.

La pianificazione, ossia l'abbinamento degli ordini volto a creare i viaggi per i trasportatori, viene effettuata da più addetti, i quali si dividono i compiti sostanzialmente in base all'origine geografica degli ordini, e nello specifico:

- consegne in Piemonte e produzioni per conigli e biologiche
- consegne nord Italia (escluso il Piemonte)
- consegne centro e sud Italia e produzioni a sacchi.

Gli operatori sono interscambiabili tra di loro, e si alternano nei compiti di settimana in settimana, in modo da permettere la continuità del lavoro anche durante l'eventuale assenza di qualcuno. Per la pianificazione viene utilizzato un software creato ad hoc per la Ferrero Mangimi. Dopo anni di perfezionamento il prodotto ha raggiunto una qualità elevata e soddisfacente, e la casa madre ha iniziato a venderlo sul mercato anche ad altre aziende, non solo del campo mangimistico. Il software permette di visualizzare tutti i mezzi disponibili e di assegnare manualmente ad ognuno di essi i singoli ordini, andando di volta in volta a saturare la capacità del mezzo. A questo punto, creato il viaggio completo, è possibile scegliere l'orario e lo stabilimento di carico, e rendere così visibili gli ordini ai vari poli produttivi. Man mano che l'operatore assegna i viaggi ai camion e stabilisce l'orario di carico, si crea la lista di produzione per gli stabilimenti. La fase di pianificazione è quindi molto importante per il buon funzionamento dell'intero sistema, infatti, quanto prima ogni stabilimento ottiene la propria lista completa per il giorno successivo, quanto più riesce ad organizzare in modo efficiente le proprie risorse per realizzare il prodotto finito.

Negli ultimi mesi è stato affiancato all'operato dei pianificatori l'utilizzo di un ulteriore programma sviluppato dalla PTV Group, azienda tedesca specializzata in soluzioni software per il settore dei trasporti e della logistica. Dopo parecchi mesi di studio sul metodo lavorativo applicato da Ferrero, l'azienda, con sede in Italia a Perugia, è riuscita a personalizzare il suo programma, creandone uno adatto al settore mangimistico. Grazie all'uso della geo-localizzazione dei punti di consegna, ed applicando una serie di cicli di ottimizzazione basati sui vincoli posti da Ferrero, il programma propone all'operatore una serie di abbinamenti possibili tra i vari ordini disponibili, i quali vanno a minimizzare i costi di trasporto. Al momento attuale il programma della PTV non è ancora integrato al 100% con il sistema di pianificazione della Ferrero, e viene utilizzato soltanto quando l'operatore lo ritiene necessario. Ogni addetto, infatti, può scegliere quando e quali ordini trasferire nell'applicativo per ottenere l'ottimizzazione. Questo programma ha, però, notevoli possibilità di essere integrato in modo ancora più ottimale nel metodo lavorativo dell'ufficio logistico. Dà infatti la possibilità di registrare per ogni destinazione della merce, gli effettivi orari di scarico e gli eventuali giorni di indisponibilità, calcola i tempi medi per effettuare il viaggio proposto,

andando a indicare il probabile orario di ritorno in stabilimento per il carico successivo, e fornisce la possibilità di conoscere in tempo reale il costo del trasporto, calcolando anche diversi indicatori di efficienza logistica. Quest'ultimo metodo di calcolo al momento non è ancora interamente utilizzabile, poiché ha bisogno di un'indicazione di un costo chilometrico da parte dell'azienda. Il sistema attuale, che a breve sarà analizzato, utilizza purtroppo altre basi di calcolo, che rendono incompatibili i due metodi. Con lo studio di un nuovo tariffario basato sul costo chilometrico, si potrà arrivare finalmente ad uno sfruttamento della risorsa al 100%.

All'interno dello stabilimento di Fossano si trova anche l'ufficio acquisti, che collabora a stretto contatto con l'ufficio logistico. I suoi due addetti hanno il compito di stipulare i contratti di acquisto di materie prime con i vari fornitori. In particolare, seguendo gli storici dei consumi mensili degli stabilimenti della Ferrero, gli operatori si preoccupano di avere sempre a disposizione il giusto quantitativo di merce necessaria per la produzione del gruppo, ovviamente cercando di acquistare maggiormente nei periodi in cui i prezzi dei cereali sono più bassi, e magari riducendo la stipulazione dei contratti quando il loro valore aumenta.

Nell'ufficio logistico si trova anche chi ha il compito di seguire l'approvvigionamento di materie prime per tutti gli stabilimenti del gruppo Ferrero Mangimi. Negli anni, con il crescere dei volumi prodotti, le richieste dei vari poli produttivi sono diventate sempre più ingenti, tanto che è stato deciso di individuare una persona con il compito di svolgere unicamente quest'attività. Ecco quindi spiegato lo stretto legame tra l'ufficio logistico e l'ufficio acquisti. Settimanalmente i responsabili di stabilimento inviano le richieste di approvvigionamento per la settimana successiva, e l'incaricato, confrontandosi con l'ufficio acquisti per verificare i contratti d'acquisto disponibili, provvede a pianificare le consegne di materie prime agli stabilimenti, cercando di attenersi il più possibile alle loro esigenze. Questo compito è fondamentale per il funzionamento di tutta l'organizzazione produttiva. Il mancato arrivo di una materia prima, infatti, rischia di bloccare la produzione di uno stabilimento, facendo quindi ritardare tutte le consegne.

Per effettuare questi trasporti l'azienda utilizza saltuariamente le cisterne, ovvero i mezzi adibiti normalmente al trasporto del prodotto finito, an-

dando invece ad impegnare maggiormente ditte esterne, le quali si prendono in carico il trasporto della merce. Non avendo contratti di esclusiva, i trasportatori vengono chiamati all'evenienza, e, proprio per questo, la loro gestione risulta molto complessa.

2.2 Tariffario attuale

Il tariffario in uso oggi è nato e si è sviluppato negli anni con il crescere dell'azienda e, ora che i volumi sono aumentati notevolmente, la sua applicazione risulta più complessa, e si è costretti costantemente a fare delle integrazioni per il suo aggiornamento. La Ferrero Mangimi non dispone di mezzi propri, ma ricorre a ditte di trasporto esterne, le quali hanno un contratto di esclusiva con l'azienda. La società ha dovuto creare da subito un sistema tariffario al fine di calcolare l'ammontare del costo di trasporto di ogni consegna presso i clienti.

Il calcolo della tariffa totale di un viaggio è attualmente composta dalla somma di più voci, tutte calcolate in base alla fascia chilometrica all'interno della quale si posiziona il viaggio. Per le tratte al di sotto dei 200 km la divisione di ogni fascia è ogni 25 km. La prima raggrupperà dunque tutte le consegne che hanno lunghezza inferiore ai 25 km, la seconda quelle tra i 25 e i 50 km, e così via per le prime 8 fasce. Dalla nona in poi, quindi oltre i 200 km, il salto di fascia viene effettuato ogni 50 km. Questa divisione è nata quando in Piemonte era presente un solo stabilimento, e i viaggi di maggiore percorrenza potevano essere lunghi non oltre i 400 km. Negli anni, però, gli stabilimenti sono aumentati, con il passare del tempo le consegne hanno raggiunto tutto il territorio italiano, e il chilometraggio dei singoli viaggi è in alcuni casi cresciuto notevolmente, tanto che oggi l'ultima fascia raggruppa viaggi con oltre 1.300 km.

Prima di analizzare ogni singola componente del tariffario, occorre ancora specificare che, oltre alla divisione in fasce, si provvede anche a fare una distinzione tra trasporti tramite motrici o autotreni, poiché le prime, anche se trasportano circa la metà rispetto a secondi, vengono pagate con un compenso proporzionale superiore rispetto agli autotreni. Questo può essere spiegato dal fatto che l'assenza di un rimorchio da trainare riduce

meno del 50% i consumi, e quindi i costi. Per questo motivo, le motrici hanno un compenso in proporzione maggiore rispetto agli autotreni.

2.2.1 Costo del trasporto del mangime in andata

La voce principale del tariffario corrisponde al costo del trasporto in andata, e si basa sulla moltiplicazione tra il coefficiente in euro/ton relativo alla fascia di chilometraggio del viaggio, e la quantità trasportata espressa in tonnellate. Per quanto riguarda quest'ultima voce, occorre sottolineare che ai trasportatori è garantito il pagamento della quantità minima di 28,5 tonnellate per gli autotreni, e di 13 tonnellate per le motrici. Questa scelta è stata dettata dal fatto che alcuni mangimi hanno un peso specifico molto basso e, anche se la cisterna viene saturata completamente, talvolta non è possibile raggiungere i quantitativi sopra citati a causa dell'alta voluminosità del prodotto.

Osservando la tabella 2.1 è possibile notare come il tariffario dedicato alle motrici si interrompa molto prima rispetto a quello degli autotreni, infatti esse vengono utilizzate normalmente solo per i viaggi dal chilometraggio ridotto, e soprattutto per soddisfare i clienti localizzati in luoghi difficilmente raggiungibili dagli autotreni.

Un'altra particolarità da evidenziare dalla tabella è relativa al valore della fascia che va da 150 a 175 chilometri. Tale valore risulta essere inferiore a quello tra i 125 e 150. Ciò è spiegato dal fatto che, per i viaggi in andata superiori a 150 chilometri, è anche previsto un ritorno a vuoto superiore a questo valore, e viene riconosciuto un bonus, detto mancato ritiro, il quale verrà spiegato nel paragrafo successivo, che va ad aumentare notevolmente il valore del viaggio totale. Per evitare, quindi, troppe discrepanze tra viaggi con chilometraggi simili, ma appartenenti uno alla fascia al di sotto dei 150 chilometri e uno a quella superiore, l'azienda ha deciso di ridurre leggermente la tariffa per quest'ultima fascia, andando così a rendere maggiormente lineare il sistema di tariffazione. Un esempio utile a chiarire quest'ultimo aspetto verrà esposto nel sotto paragrafo successivo.

Fasce (Km)	Motrice (€/ton)	Autotreno (€/ton)
0-25	4,75	4,16
25-50	5,67	5,12
50-75	7,42	6,25
75-100	10,60	8,18
100-125	12,72	10,57
125-150	14,84	12,91
150-175	15,55	10,92
175-200	21,73	12,65
200-250	27,56	14,77
250-300	31,80	18,51
300-350	37,10	21,70
350-400	42,40	24,99
400-450	47,70	28,15
450-500	-	32,25
500-550	-	35,97
550-600	-	39,69
600-650	-	43,41
650-700	-	47,13
700-750	-	50,85
750-800	-	54,57
800-850	-	58,29
850-900	-	62,01
900-950	-	62,92
950-1000	-	67,08
1000-1050	-	71,30
1050-1100	-	75,58
1100-1150	-	79,92
1150-1200	-	84,33
1200-1250	-	88,05
1250-1300	-	91,77
Oltre 1300	-	91,77

Tabella 2.1 Costo €/ton suddiviso in fasce chilometriche

2.2.2 Ritorni a vuoto

Come accennato precedentemente, se i viaggi in andata superano i 150 chilometri ed è previsto un ritorno a vuoto sempre superiore a questa cifra, l'azienda riconosce un bonus forfettario che va a coprire in parte le spese di viaggio sostenute per il lungo ritorno senza prodotto trasportato.

Km	Importo (€)
0-150	-
150-350	164,30
350-700	265,00
700-900	371,00
900-1300	530,00

Tabella 2.2 Compensi ritorni a vuoto

Come si può notare, ogni fascia comprende un ampio chilometraggio, e per questo il bonus può risultare favorevole per alcune tratte e sfavorevole per altre. Viene, infatti, riconosciuto, per esempio, lo stesso valore di 164,30 € sia per un ritorno a vuoto di 155 km o di 340 km.

La gestione dei ritorni a vuoto è un aspetto molto importante per la pianificazione effettuata dagli operatori logistici. Curando, infatti, attentamente l'abbinamento delle consegne, è possibile ottenere un risparmio consistente, poiché spesso, invertendo i punti di consegna tra due o più viaggi, è possibile diminuire il chilometraggio ed evitare quindi il bonus. Di seguito viene indicato un possibile esempio di come pochi chilometri di differenza tra due viaggi, possono portare ad un risparmio notevole per l'azienda.

- Viaggio 145 km -> $(28,5 \text{ ton} * 12,91 \text{ €/ton}) = 367,93 \text{ €}$
- Viaggio 151 km -> $(28,5 \text{ ton} * 10,92 \text{ €/ton}) + 164,30 \text{ €} = 475,52 \text{ €}$

Nell'esempio sopra, si può subito notare come sia molto importante la fase della creazione dei viaggi. Quando si è vicini alla soglia che fa scattare il bonus del mancato ritiro, una differenza di qualche chilometro, molte volte facilmente ottenibile, permette di risparmiare oltre 100 €. Questo è un esempio concreto di come il lavoro degli operatori logistici, oltre ad essere il motore di partenza per la produzione di tutti gli stabili-

menti della società, è anche una mansione molto delicata per quanto riguarda i costi che l'azienda sostiene relativamente ai trasporti.

2.2.3 Soste

Analizzando le varie componenti del sistema tariffario occorre tener conto delle soste. Con questo termine si intendono le varie fermate che il camion effettua durante il suo tragitto al fine di scaricare il mangime dai clienti. Ad ogni sosta viene attribuita una cifra a forfait, che ha lo scopo di distinguere i viaggi di una sola consegna, da quelli caratterizzati da più scarichi. Il tempo impiegato nel primo caso è molto inferiore rispetto al secondo, a causa degli spostamenti che si devono effettuare tra un cliente e l'altro. Inserendo il pagamento delle soste si riesce così a distinguere economicamente i due casi, evitando di renderne uno più conveniente rispetto all'altro.

Come si può notare dalla tabella, i valori forfait variano in base alla lunghezza del viaggio. Inoltre, la prima consegna, o sosta, non viene mai pagata. Per trovare quindi il valore totale dell'importo soste, occorre conteggiare il numero delle consegne, ridurlo di uno, e moltiplicarlo per il valore attribuito alle soste della fascia chilometrica opportuna.

Km	Importo sosta (€)
0-175	15,90
175-1300	21,20

Tabella 2.3 Compensi soste

2.2.4 Consegne disagiate

La Ferrero Mangimi serve allevamenti sparsi su tutto il territorio italiano. Talvolta può succedere che questi non siano facilmente raggiungibili, magari perché lontano dalle grandi vie di comunicazione. Per questo motivo è sorta l'esigenza di pagare con un prezzo più alto le consegne dette "disagiate". In questa casistica rientrano i clienti che si trovano in zone di montagna, con strade strette ed addirittura alcune volte sterrate, nelle quali riesce a malapena a transitare la motrice.

Per agevolare i trasportatori, sono state riconosciute loro delle maggiorazioni percentuali sulla tariffa chilometrica base, le quali vengono attribuite solamente alle tonnellate scaricate in queste località più difficili da raggiungere. Ovviamente con il crescere della percentuale si vanno ad indentificare consegne sempre più difficoltose. Con 0% si individuano tutte le consegne standard, poi si passa a quelle con il 20%, il 30%, per arrivare fino a maggiorazioni del 60%. Quasi mai si arriva al 100%, poiché si tratterebbe addirittura di raddoppiare la tariffa standard. Questo può succedere di rado, nei casi molto difficoltosi, quando si deve consegnare in zone quasi impossibili da raggiungere con i mezzi.

Es.: consegna di 28,5 ton con tariffa di 18,51 €/ton, di cui 12 ton in località disagiata con maggiorazione del 60%;

Totale: $(16,5 \text{ ton} * 18.51 \text{ €}) + (12 \text{ ton} * 18.51 \text{ €} * 1.60) = 660,81 \text{ €}$

2.2.5 Altri bonus

A tutte le componenti sopra citate vanno ancora aggiunti alcuni bonus, i quali vengono sommati al verificarsi di particolari eventi:

- Carico mezzo dopo le ore 20.00. Viene riconosciuto un forfait di 50 € per il servizio dato all'azienda. Alcune ditte di trasportatori hanno individuato determinati addetti con il compito, la sera, di caricare i mezzi ai colleghi, permettendo loro di partire al mattino con le cisterne già pronte.
- Spostamenti di mangime. Alcuni mezzi sono dotati di una coclea aggiuntiva che permette di prelevare il mangime dal silos del cliente, ricaricarlo in una cella del camion, e scaricarlo poi in altri silos dello stesso cliente o di altri. Queste operazioni possono essere svolte qualora si fosse precedentemente verificato un errore nello scarico del mangime, oppure per determinate esigenze del cliente, interne alla sua attività. Gli spostamenti in oggetto comportano una notevole perdita di tempo, dunque l'azienda riconosce al trasportatore una somma in denaro proporzionale al tempo impiegato per tali operazioni.
- Fermo macchina. A causa di guasti improvvisi agli impianti, può succedere che un mezzo si trovi ad attendere alcune ore in stabi-

limento prima di poter caricare. L'azienda in questo caso riconosce circa 40 € per ogni ora d'attesa successiva alla seconda.

I valori sopra citati vengono utilizzati in modo molto sporadico. Per questo motivo, in un eventuale nuovo metodo di calcolo, potrebbero essere attribuiti con gli stessi meccanismi.

2.2.6 Trasporto materie prime

Per ottimizzare il sistema dei trasporti, talvolta le cisterne marchiate Ferrero vengono utilizzate anche per l'approvvigionamento delle materie prime. Questo avviene quando i mezzi, partiti da uno stabilimento per le consegne ai clienti, si trovano vicino ad un luogo di carico di merci. In questa situazione gli operatori logistici possono decidere di far caricare una materia prima necessaria per la produzione, e farla consegnare ad uno stabilimento. A questo punto il mezzo è nuovamente pronto per ripartire per le consegne ai clienti.

Per questi trasporti non viene applicato il tariffario sopra citato, ma uno differente, che utilizza un metodo di calcolo molto più semplice. Per determinare il costo del trasporto, infatti, si provvede a moltiplicare la quantità caricata, espressa in tonnellate, per un valore in €/ton che varia in base alla distanza tra il punto di carico e il luogo di consegna, senza l'aggiunta di altri valori bonus.

La scelta di far caricare una materia prima può portare un risparmio economico importante per la Ferrero Mangimi. Se per esempio un mezzo effettua un viaggio con un chilometraggio superiore ai 150 chilometri, che prevede quindi l'attribuzione del bonus per il mancato ritiro, la scelta di caricare una materia prima porta un risparmio sul costo del trasporto, e allo stesso tempo si acquisisce della merce che si sarebbe dovuta far arrivare con mezzi esterni all'azienda, con costi sicuramente superiori. Questo meccanismo permette, inoltre, di sfruttare i mezzi anche nelle giornate caratterizzate da meno consegne di prodotto finito, garantendo così una continuità di impiego di tutta la flotta.

Come spiegato precedentemente, il trasporto delle materie prime è effettuato in larga scala da ditte di trasporto esterne, che utilizzano mezzi cassonati. Il metodo di calcolo della tariffa è il medesimo di quello appena

spiegato per le cisterne, ma i valori moltiplicati per le tonnellate trasportate non sono gli stessi. Essi, infatti, risultano essere leggermente più elevati. Il tutto è spiegato dal fatto che i trasportatori di materie prime, dovendo provvedere autonomamente a far giungere il mezzo al punto di carico, dovranno cercare dei viaggi in andata, in modo da percorrere a vuoto meno chilometri possibile. Per le cisterne marchiate Ferrero Mangimi, invece, saranno i pianificatori logistici del gruppo ad organizzare tutti gli spostamenti, garantendo minimi tratti a vuoto. I trasportatori di materie prime, non avendo questo servizio fornito da Ferrero, richiedono un compenso leggermente più elevato.

2.2.7 Problematiche tariffario attuale

L'analisi appena esposta del tariffario attuale permette di comprendere la sua complessità e difficoltà di utilizzo, compromessa anche dalla non facile interfacciabilità con i nuovi programmi di pianificazione.

Il principale problema di questo sistema di tariffazione può essere individuato nella sua complessità di aggiornamento. I prezzi del gasolio e delle autostrade subiscono delle variazioni continuamente. Ciò porta i trasportatori a chiedere ritocchi alle tariffe. Non essendoci una voce che dipenda direttamente da questi fattori, non è possibile fare variazioni in modo veloce, ma l'unico metodo è quello di modificare proporzionalmente il valore di ogni fascia del costo del trasporto del mangime in andata (Tabella 3.1). Il primo step consiste nell'andare a stabilire, in termini percentuali, quanto l'aumento dei prezzi del carburante, o delle autostrade, ha inciso sui costi dei trasportatori. Ipotizzando di riuscire ad identificare con precisione l'ammontare delle variazioni da fare ad ogni tariffa, è da sottolineare come i cambiamenti siano difficili da attuare, poiché richiedono un lungo lavoro di modifica dei dati. Il software che viene utilizzato per calcolare il costo del trasporto gestisce il tariffario per ogni singolo mezzo e non in maniera univoca per tutti. L'operatore, qualora dovesse modificare le tariffe, si troverebbe quindi a dover variare manualmente i dati di ogni singola cisterna e, calcolando che al momento attuale ve ne sono più di 50, tali operazioni richiederebbero una lunga mole di lavoro. A causa di questa enorme difficoltà, le tariffe, con il passare degli anni, hanno subito poche variazioni, e in particolare solo quando gli aumenti del costo del carburante hanno raggiunto valori ve-

ramente elevati. A primo impatto la scarsità di variazioni potrebbe sembrare un aspetto positivo per l'azienda, in quanto permette di mantenere costante l'onorario pagato ai trasportatori. La possibilità, invece, di apportare continue modifiche è però anche un aspetto positivo per Ferrero. Attualmente gli unici ritocchi vengono effettuati solo per aumentare la tariffa, e mai per ridurla. Una maggiore flessibilità permetterebbe, quindi, di seguire in modo più costante l'andamento dei mercati petroliferi, aumentando all'evenienza, ma anche diminuendo nei periodi di calo dei prezzi. Così facendo si andrebbe ad accontentare i trasportatori nei periodi in cui hanno subito maggiori costi, evitando però di pagare loro tariffe eccessivamente alte in altri momenti. L'introduzione di questa maggiore flessibilità accontenterebbe sicuramente sia i trasportatori, che l'azienda.

Oltre al problema dell'aggiornamento, è da sottolineare come l'attuale tariffario obblighi quotidianamente gli operatori a troppe operazioni manuali, non automatizzate dal sistema. Un esempio può essere individuato nell'assegnazione del bonus legato al carico serale. Quest'ultimo non viene attribuito in modo automatico, ma è l'operatore che deve inserirlo, andando ogni mattina a controllare, per ogni mezzo in carico la sera prima, l'ora di emissione dei Documenti di Trasporto. Se l'orario di carico è successivo alle ore 20.00, dopo aver verificato che la causa non è attribuibile ad un ritardo dell'autista, viene concesso il bonus. Questa voce, come si può intendere, dipende troppo dalla discrezionalità degli operatori, e per questo motivo si corre il rischio di applicare metri di giudizio differenti, o addirittura effettuare errori nelle assegnazioni.

Il bonus per il carico serale non è l'unico ad essere assegnato manualmente, infatti, anche i mancati ritiri per i viaggi dai chilometraggi superiori a 150 km, non vengono inseriti automaticamente dal programma, il quale si limita esclusivamente ad effettuare una segnalazione. Leggendo la lista con tutti gli avvisi creata dal sistema, l'operatore è costretto ad inserire manualmente i bonus, dovendo anche calcolare il valore appropriato in base alla fascia chilometrica (Tabella 3.2). Ricordando che la flotta utilizzata è di oltre 50 mezzi, il tempo necessario per quest'operazione è veramente notevole, ed impegna un addetto per più giorni ogni mese. Anche in questo caso si tratta di un'operazione molto delicata, durante la quale è possibile compiere alcuni errori di valutazione.

Concluse le operazioni di assegnazione di tutti i bonus sopra descritti, si procede alla redazione dei report dei viaggi, ossia un elenco di tutte le consegne effettuate da ogni singolo mezzo, con l'assegnazione del relativo compenso. Il report viene generato in automatico dal sistema, ma un incaricato provvede a controllare che ogni singolo viaggio venga remunerato correttamente. La verifica impiega l'addetto per circa 4 giorni lavorativi, ed è utile per esaminare che l'assegnazione dei bonus sia stata effettuata nel modo corretto. Una volta completato il controllo, viene elaborato il report definitivo dei viaggi. Quest'ultimo, però, non comprende la tariffa del trasporto delle materie prime, che deve essere conteggiata separatamente, rendendo anche in questo caso ancora più complicato il calcolo del fatturato totale di ogni mezzo.

Da questa spiegazione è facile capire come ogni mese un operatore sia impegnato per parecchi giorni nell'effettuare le dovute correzioni e verifiche per la fatturazione. Il tempo speso per questa analisi potrebbe essere risparmiato qualora l'azienda fosse dotata di un sistema di tariffazione migliore, ed il costo relativo all'operatore preposto a questi calcoli, potrebbe essere facilmente eliminato. Lo studio di un nuovo sistema di tariffazione potrebbe portare quindi un notevole risparmio per la Ferrero Mangimi, anche in termini di risorse umane.

Una criticità si può anche rilevare nel tariffario per il trasporto delle materie prime. Negli anni, per alcune tratte percorse raramente dai trasportatori, sono state riconosciute tariffe proporzionalmente più elevate rispetto ad altre, rendendo così più convenienti alcune rispetto ad altre. Anche questo aspetto pone spesso gli operatori logistici di fronte ad alcune difficoltà. Alcuni trasportatori, infatti, essendo a conoscenza della non equità di tutte le tariffe, richiedono spesso maggiori compensi, minacciando di non effettuare il viaggio. Anche in questo settore, quindi, è nata la necessità di elaborare un nuovo sistema di calcolo, più equo, che possa accontentare tutti i trasportatori, remunerando loro i chilometri effettivamente percorsi.

Tutte le criticità fin qui elencate aiutano facilmente a comprendere come, ormai, per l'azienda vi sia la necessità di elaborare un nuovo tariffario, sicuramente più semplice, che possa adattarsi in modo ottimale alle variazioni dei mercati petroliferi, andando così ad accontentare le richieste dei trasportatori.

2.2.8 Esempi applicazione tariffario attuale

Esempio n. 1

Dati viaggio:

- Stabilimento di partenza: Fossano + Farigliano
- Ultimo punto di scarico: Collecchio (PR)
- Chilometraggio viaggio andata: 316 km
- Consegne e relative tonnellate:
 - Pieve D'Oلمي (CR): 14 ton
 - Collecchio (PR): 15 ton
- Stabilimento di ricarica: Fossano
- Distanza ultimo punto di consegna e punto di ricarica: 256 km
- Bonus: 0

Tariffario:

- Costo del mangime in andata: $22,36 \text{ €/ton} * 29 \text{ ton} = 648,44 \text{ €}$
- Ritorni a vuoto: 164,30 €
- Soste: $[(2-1)+1] * 21,20 \text{ €} = 42,40 \text{ €}$
- Consegne disagiate: 0 €
- Altri bonus: 0 €

Totale: 855,14 €

Esempio n. 2

Dati viaggio:

- Stabilimento di partenza: Ugnano
- Ultimo punto di scarico: Ramiseto (RE)
- Chilometraggio viaggio andata: 223 km
- Consegne e relative tonnellate:
 - Traversetolo (PR): 5,5 ton
 - Salsomaggiore Terme (PR): 3 ton
 - Lesignano de Bagni (PR): 4 ton
 - Palanzano (PR): 5 ton – consegna disagiata 60%

- Ramiseto (RE): 11,5 ton – consegna disagiata 60%
- Stabilimento di ricarica: Sorbolo
- Distanza ultimo punto di consegna e punto di ricarica: 62 km
- Bonus: 0

Tariffario:

- Costo del mangime in andata: $14,77 \text{ €/ton} * 29 \text{ ton} = 428,33 \text{ €}$
- Ritorni a vuoto: 0 €
- Soste: $(5-1) * 21,20 \text{ €} = 84,80 \text{ €}$
- Consegne disagiate: $(11,5 \text{ ton} + 5 \text{ ton}) * 14,77 \text{ €/ton} * 0,6 = 146,22 \text{ €}$
- Altri bonus: 0 €

Totale: 659,35 €

CAPITOLO 3

Proposta nuovo tariffario ed esempi applicativi di confronto tra i due metodi

Nel capitolo precedente è stato esposto il metodo di calcolo del tariffario utilizzato attualmente dalla Ferrero Mangimi. Come si può osservare analizzando le diverse voci che lo compongono, questo sistema è diventato ormai troppo complicato da applicare. Inizialmente, quando è stato ideato, era sicuramente un ottimo strumento per calcolare il costo dei trasporti. Con il crescere dall'azienda e dei suoi volumi di vendita, però, il metodo di calcolo è diventato sempre di più difficile applicazione. È per questo motivo che è stato deciso di intraprendere lo studio di un nuovo tariffario che utilizzi un metodo di calcolo più pratico e più semplice, e soprattutto che si adatti con facilità alle oscillazioni delle variabili da cui è determinato.

L'obiettivo dell'azienda è quello di ideare un nuovo procedimento per determinare i compensi da distribuire ai trasportatori. Il calcolo, però, non dovrà fornire un risultato troppo diverso da quello ottenuto con il metodo attuale. Lo scopo, quindi, non è quello di ottenere dei valori superiori o inferiori a quelli pagati al momento, ma di trovare il metodo di calcolo che mantenga costante il costo mensile di ogni mezzo.

Il lavoro consiste nel determinare il compenso dei viaggi sulla base dei chilometri percorsi, e non più mediante numerose variabili che dipendo-

no da fasce chilometriche. Il risultato ottenuto dovrà essere all'incirca uguale al precedente, le variabili che lo compongono, però, permetteranno di modificare eventualmente in futuro gli onorari dei trasportatori in base alle oscillazioni dei prezzi di mercato.

3.1 Componenti nuovo tariffario

Per remunerare i viaggi in base alla loro lunghezza, è necessario calcolare un valore, che verrà moltiplicato ogni volta per i chilometri percorsi da un mezzo durante un viaggio. Non è possibile, però, ottenere una cifra standard da utilizzare in qualunque situazione. È per questo motivo, quindi, che è stato deciso di far dipendere questo valore da una serie di variabili:

- Costo del carburante;
- Pedaggi autostradali;
- Costo del personale;
- Compensi aggiuntivi:
 - Altre spese relative agli automezzi
 - Costo fase di carico e scarico
 - Bonus

Occorre inoltre sottolineare che il risultato ottenuto sarà diverso nel caso di viaggi a pieno carico oppure a vuoto. Rispetto al sistema precedente, dove i ritorni a vuoto al di sotto dei 150 chilometri non prevedevano compenso, con questo nuovo metodo di calcolo saranno pagati tutti i chilometri percorsi dai mezzi, differenziando tra quelli a pieno carico o a vuoto. Infine è necessario aggiungere che, a differenza di prima, anche i trasporti delle materie prime verranno remunerati con questo tariffario, andando così ad equiparare le vendite agli approvvigionamenti.

3.1.1 Costo del carburante

Per ottenere il valore di questa prima variabile è necessario analizzare due fattori principali: il costo al litro del carburante e il consumo medio dei mezzi.

Per quanto riguarda la prima voce, che è sicuramente quella più importante nella determinazione del totale, sono state svolte alcune analisi

sull'andamento dei prezzi del carburante degli ultimi due anni (si veda [6]). L'idea iniziale era quella di determinare un valore medio, ottenuto sulla base delle oscillazioni dei prezzi dell'ultimo biennio, da utilizzare sistematicamente per questo calcolo. Nel grafico 4.1 si possono osservare i prezzi riferiti a 1.000 litri di carburante del periodo che va da gennaio 2016 a dicembre 2017. Come si può facilmente notare, le variazioni dei prezzi non sono state così elevate rispetto ai periodi precedenti. Analizzando più nel dettaglio i valori, infatti, l'oscillazione massima dalla media è stata di circa 0,10 €. Nonostante questo particolare, però, la scelta di utilizzare un valore medio non si è rivelata ottimale, poiché si sarebbero annegati gli scostamenti di prezzi tra un mese e l'altro. Per ovviare a questo problema ed attenermi il più possibile alla realtà effettiva dei costi sostenuti dai trasportatori, ho quindi deciso di utilizzare per il calcolo, il valore medio mensile del carburante. Sarà compito dell'operatore che dovrà elaborare i report mensili, recuperare questo dato che è rilasciato periodicamente dal Ministero dello Sviluppo Economico.

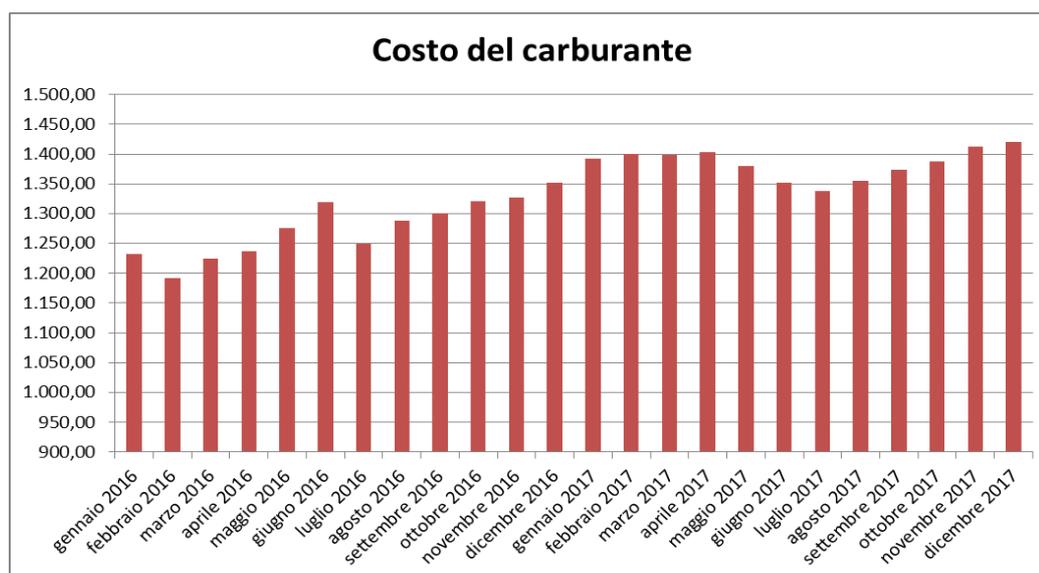


Grafico 3.1 Andamento mensile costo del carburante ultimo biennio

Il secondo fattore che influisce sul costo del carburante è il consumo medio dei mezzi. Anziché analizzare i dati di fabbrica rilasciati dalle case di produzione dei mezzi, ho scelto di ricercare i valori dei consumi direttamente tra i collaboratori della Ferrero Mangimi. Questa scelta si è rivelata poi molto positiva, in quanto i trasportatori si sono sentiti parte integrante della costruzione del nuovo tariffario, e si sono resi quindi molto

disponibili a fornire le informazioni richieste. Esaminando i valori forniti, ho deciso di suddividere i consumi in quattro categorie (Tabella 3.1). Questa scelta è stata dettata dal fatto che, valutando i dati a disposizione, si rilevavano differenze di consumi non trascurabili tra le suddette casistiche.

Nella tabella che segue vengono esposti i valori scelti per la realizzazione del nuovo tariffario dei consumi per le quattro categorie.

Categoria	Consumo (l/km)
Chilometri su strade statali a pieno carico	0,4
Chilometri su strade statali a vuoto	0,34
Chilometri su autostrade a pieno carico	0,38
Chilometri su autostrade a vuoto	0,32

Tabella 3.1 Consumi medi dei mezzi analizzati

I software in possesso dell'ufficio logistico non dispongono della suddivisione dei chilometri percorsi in autostrada o su strade non a pagamento. Allo stesso tempo, essendo il tariffario ancora in fase di studio, non era possibile chiedere ai programmatori un'integrazione del programma che contenesse queste informazioni. Per riuscire a proseguire con il lavoro e poter sviluppare in modo autonomo il tariffario, ho deciso di suddividere il territorio della penisola italiana in 20 aree: due per il Piemonte e due per la Lombardia, ossia le zone con la maggiore concentrazione di clienti, ed una per ogni altra regione dell'Italia, ad esclusione delle isole. Prendendo per ogni area un paese di riferimento, il più possibile riconducibile ad una destinazione frequente delle consegne del gruppo Ferrero, ho cercato di identificare la percentuale di chilometraggio in autostrada e non, compiuta per raggiungere la meta, partendo dagli stabilimenti che normalmente servono la zona. Andando a tabulare tutti i dati raccolti, ho ricavato una tabella (Tabella 3.2), la quale fornisce per ogni zona la percentuale di chilometri percorsi su autostrada e di quelli percorsi su strade statali. Identificando per ogni viaggio la sua lunghezza totale, l'area a cui appartiene l'ultima consegna, e lo stabilimento di partenza del prodotto finito, si determinano le informazioni necessarie.

	Fossano		Farigliano		Urgnano	
	% km autostrada	% km str.statale	% km autostrada	% km str.statale	% km autostrada	% km str.statale
Piemonte sud	0	100	0	100	85	15
Piemonte nord	87	13	78	22	88	12
Lombardia sud	70	30	71	29	0	100
Lombardia nord	78	22	79	21	49	51
Valle d'Aosta	86	14	85	15		
Liguria	51	49	0	100	62	38
Veneto	89	11	90	10	90	10
Trentino Alto Adige	81	19	82	18	73	27
Friuli Venezia Giulia	85	15	86	14	83	17
Emilia Romagna	84	16	85	15	88	12
Toscana	91	9	90	10	91	9
Marche	90	10	91	9	93	7
Abruzzo	93	7	94	6	95	5
Molise						
Lazio			96	4	97	3
Umbria			94	6	95	5
Campania						
Basilicata						
Puglia			91	9		
Calabria						

	Sorbolo		Altamura	
	% km autostrada	% km str.statale	% km autostrada	% km str.statale
Piemonte sud	80	20	91	9
Piemonte nord	90	10	94	6
Lombardia sud	66	34		
Lombardia nord				
Valle d'Aosta				
Liguria	65	35		
Veneto	72	28		
Trentino Alto Adige	63	37		
Friuli Venezia Giulia	74	36		
Emilia Romagna	62	38		
Toscana	76	24	73	27
Marche	90	10		
Abruzzo	94	6	94	16
Molise	91	9	34	66
Lazio	96	4	76	24
Umbria	93	7	83	17
Campania	85	15	0	100
Basilicata	91	9	0	100
Puglia	97	3	0	100
Calabria	97	3	33	67

Tabella 3.2 Divisione percentuale tra chilometri su autostrada e su strade non a pagamento

Nel momento in cui il nuovo tariffario entrerà in funzione, la scelta ottimale sarebbe quella di richiedere ai programmatori dei software logistici di fornire per ogni viaggio il dato reale di chilometri percorsi in autostrada e non. Qualora tutto ciò non dovesse essere possibile, potrà essere ampliata la quantità delle aree prese tutt'ora in considerazione, aumentando il numero di destinazioni considerate, e fornendo una maggiore precisione in questo calcolo.

A questo punto, conoscendo i chilometri del viaggio, a pieno carico e a vuoto, e ricavando quindi quelli in autostrada e non, si può ottenere il consumo medio dei mezzi. Moltiplicando poi quest'ultimo per il costo medio mensile del carburante, si può ricavare il valore della prima voce del tariffario.

Questi valori potrebbero dover esser rivisti qualora i trasportatori iniziasero ad utilizzare mezzi alimentati non più a gasolio, ma a metano, per i quali ci sarebbero sicuramente voci di costo differenti da conteggiare. L'ipotesi del metano nel campo del trasporto dei mangimi è ancora poco sviluppata, mentre in altri settori si sta espandendo a grande velocità (si veda per esempio [9]).

3.1.2 Costo dei pedaggi autostradali

Un elemento importante da considerare nel calcolo del costo di un viaggio, sono i pedaggi autostradali. Avendo già a disposizione la suddivisione dei chilometri tra quelli percorsi su autostrada e non, ai primi occorrerà aggiungere il costo degli oneri autostradali. I trasportatori che collaborano con Ferrero Mangimi compiono spesso viaggi caratterizzati da un'alta percorrenza su autostrada. In questi casi il costo relativo ai pedaggi diventa un elemento non trascurabile.

Anche per quanto riguarda questa variabile, non avendo a disposizione un software in grado di elaborare il costo dei pedaggi, si è scelto di individuare le principali tratte compiute quotidianamente dagli automezzi, identificando per ognuna l'onere autostradale (Tabella 3.3) (si veda anche[5]). Si è poi provveduto a fare la media di tutti i valori trovati, ricavando così il parametro da utilizzare per calcolare questa variabile. Anche per questa componente del tariffario, la scelta ottimale sarà quella di

richiedere ai programmatori dei software logistici di fornire per ogni viaggio il dato effettivo del costo dei pedaggi.

Tratta	Km	Spesa	€/km
Fossano-Savona	74	18,80	0,2541
Fossano-Chivasso	97	20,70	0,2134
Asti-Cremona	156	32,50	0,2083
Asti-Bergamo	175	31,30	0,1789
Fossano-Firenze	344	84,90	0,2468
Asti-Treviso	386	74,90	0,194
Bergamo-Vicenza	164	28,00	0,1707
Parma-Cremona	59	12,00	0,2034
Parma-Vicenza	206	35,30	0,1714
Parma-Treviso	267	51,60	0,1933
Parma-Macerata	354	63,50	0,1794
Parma-Bari	764	138,60	0,1814
Bari-Frosinone	360	67,50	0,1875
Bari-L'Aquila	406	77,00	0,1897
Media			0,198

Tabella 3.3 Costi principali tratte autostradali

3.1.3 Costo del personale

La terza variabile del nuovo tariffario presa in considerazione riguarda il costo del personale. Le aziende di trasporto, infatti, devono tener conto del costo dei propri dipendenti. Quest'ultimo è formato dalle seguenti componenti espresse in forma percentuale (si veda [8]):

- Retribuzione lorda: 72%;
- Contributi INPS: 21 %;
- Inail: 2 %;
- Trattamento di fine rapporto: 5%.

Data la grande disponibilità dei trasportatori nel fornire i dati relativi ai consumi dei mezzi, si è deciso di fare un piccolo sondaggio anche per questa variabile del tariffario per ottenere il costo medio mensile di un dipendente, comprensivo di tutte le voci sopra espresse. Grazie ai dati forniti dalle aziende di trasporto, ho rilevato che il costo medio mensile

sostenuto per i dipendenti si attesta intorno a 4.400 euro. Poiché il nuovo sistema è basato su tariffe chilometriche, ho dovuto convertire questo dato. Partendo dal fatto che i mezzi che collaborano con Ferrero Mangimi mediamente compiono circa 11.500 chilometri al mese, ho pensato di dividere il costo medio mensile per quest'ultimo dato, andando così a ricavare il parametro necessario, da inserire nel nuovo sistema tariffario.

3.1.4 Compensi aggiuntivi

Oltre al costo del carburante, dei pedaggi autostradali e del personale, un'azienda di trasporto si trova ad avere un'altra serie di costi aggiuntivi, che sono stati suddivisi in tre gruppi.

Altre spese relative agli automezzi: in questa voce rientrano tutti i costi aggiuntivi, che i trasportatori sostengono per la movimentazione dei mezzi. Questi comprendono l'usura, le manutenzioni ordinarie e straordinarie, le tasse automobilistiche e le spese assicurative. Si è scelto di attribuire per questi costi un compenso di 0,25 €/km.

Costo fase di carico e scarico: le operazioni di carico e scarico impiegano gli autisti dei mezzi per un tempo significativo. Questo aumenta proporzionalmente quando i viaggi hanno un chilometraggio ridotto, in quanto i trasportatori spesso dedicano molto più tempo per questa fase, che per la durata del viaggio. Per questo motivo si è deciso di remunerare anche queste operazioni, pagando 50 euro per la fase di carico del mezzo in stabilimento, e 20 euro per ogni consegna effettuata.

Bonus: questa voce comprende i bonus che venivano già erogati in precedenza con il metodo del vecchio tariffario, quali il fermo macchina, gli spostamenti di mangime e il carico serale.

3.1.5 Il caso delle motrici

Il tariffario sopra analizzato non può essere applicato in modo integrale in caso di trasporti effettuati dalle motrici. Siccome questi mezzi hanno la capacità di trasportare circa la metà degli autotreni, occorre prevedere alcune riduzioni al tariffario studiato. Avendo costi per la loro movimentazione non proporzionali alla portata, non è possibile dividere le varie componenti a metà. Per le variabili relative al costo del carburante, ai pe-

daggi autostradali e alle altre spese legate ai viaggi, occorre moltiplicare i valori ottenuti per il caso degli autotreni, per un fattore 0,6. Il costo del personale rimane invariato in quanto una società di trasporto sostiene gli stessi oneri sia nel caso in cui l'autista si trovi alla guida di un autotreno oppure di una motrice. Infine, per la fase di carico, viene riconosciuto un valore di 25 euro, mentre per ogni scarico 10 euro.

3.1.6 Confronto tariffari

Di seguito, analizzando i viaggi percorsi da un mezzo in un mese, vengono esposti a confronto il metodo di calcolo del vecchio sistema tariffario, e quello nuovo. Per quanto riguarda quest'ultimo è stato scelto un prezzo del gasolio pari ad 1,39 €/l, mentre per il pedaggio autostradale è stato utilizzato il valore calcolato precedentemente. Occorre sottolineare che nella voce riguardante i tratti in autostrada sono compresi sia il costo del carburante che quello dei pedaggi. Inoltre nel nuovo sistema i chilometri a pieno carico e a vuoto non sono più stati calcolati con il metodo attuale, che utilizza un programma ormai obsoleto, ma attraverso la cartografia del software realizzato dalla PTV Group, che si avvale di cartine molto aggiornate e precise, riuscendo a simulare al meglio i percorsi realmente compiuti dagli automezzi.

Viaggio n. 1

Dati viaggio:

- Stabilimento di partenza: Sorbolo
- Ultimo punto di scarico: Marcaria (MN)
- Chilometraggio viaggio andata: 45 km
- Consegne e relative tonnellate:
 - Marcaria (MN): 21 ton
 - Sabbioneta (MN): 8 ton
- Stabilimento di ricarica: Sorbolo
- Distanza ultimo punto di consegna e punto di ricarica: 45 km
- Bonus: Carico serale

Tariffario attuale:

- Costo del mangime in andata: 148,48 €

- Ritorni a vuoto: 0 €
- Soste: 15,80 €
- Consegne disagiate: 0 €
- Altri bonus: 50 €

Totale: 214,28 €

Nuovo tariffario:

- Costo viaggio a pieno carico su autostrada: 33,66 km * (pedaggio 0,198 €/km + consumo carburante 0,38 l/km * prezzo gasolio 1,39 €/l) = 24,44 €
- Costo viaggio a pieno carico su strade non a pagamento: 17,34 km * consumo carburante 0,4 l/km * prezzo gasolio 1,39 €/l = 9,64€
- Costo viaggio a vuoto in autostrada: 31,68 km * (pedaggio 0,198 €/km + consumo carburante 0,32 l/km * prezzo gasolio 1,39 €/l) = 20,36 €
- Costo viaggio a vuoto in strade non a pagamento: 16,32 km * consumo carburante 0,4 l/km * prezzo gasolio 1,39 €/l = 7,71 €
- Costo personale: (chilometri a pieno carico 51 km + chilometri a vuoto 48 km) * 0.38 €/km = 37,62 €
- Altre spese: (chilometri a pieno carico 51 km + chilometri a vuoto 48 km) * 0,25 €/km = 24,75 €
- Costo fase di carico e scarico: 50 € + 2*20 € = 90 €
- Bonus: 50 €

Totale: 264,53 €

Viaggio n. 2

Dati viaggio:

- Stabilimento di partenza: Fossano
- Ultimo punto di scarico: Trucazzano (MI)
- Chilometraggio viaggio andata: 264 km
- Consegne e relative tonnellate:
 - Borghetto Lodigiano (LO): 7 ton
 - Trucazzano (MI): 5 ton
 - Spino d'Adda (CR): 8 ton

- Villanova del Sillaro (LO): 6 ton
- Santo Stefano Lodigiano (LO): 3 ton
- Stabilimento di ricarica: Fossano
- Distanza ultimo punto di consegna e punto di ricarica: 210 km
- Bonus: 0

Tariffario attuale:

- Costo del mangime in andata: 536,79 €
- Ritorni a vuoto: 164,30 €
- Soste: 84,80 €
- Consegne disagiate: 0 €
- Altri bonus: 0 €

Totale: 785,89 €

Nuovo tariffario:

- Costo viaggio a pieno carico in autostrada: $185,5 \text{ km} * (0,198 \text{ €/km} + 0,38 \text{ l/km} * 1,39 \text{ €/l}) = 134,71 \text{ €}$
- Costo viaggio a pieno carico in strade non a pagamento: $79,5 \text{ km} * 0,4 \text{ l/km} * 1,39 \text{ €/l} = 44,20 \text{ €}$
- Costo viaggio a vuoto in autostrada: $149,1 \text{ km} * (0,198 \text{ €/km} + 0,32 \text{ l/km} * 1,39 \text{ €/l}) = 95,84 \text{ €}$
- Costo viaggio a vuoto in strade non a pagamento: $63,9 \text{ km} * 0,34 \text{ l/km} * 1,39 \text{ €/l} = 30,19 \text{ €}$
- Costo personale: $(265 \text{ km} + 213 \text{ km}) * 0,38 \text{ €/km} = 181,64 \text{ €}$
- Altre spese: $(265 \text{ km} + 213 \text{ km}) * 0,25 \text{ €/km} = 119,50 \text{ €}$
- Costo fase di carico e scarico: $50 \text{ €} + 5 * 20 \text{ €} = 150 \text{ €}$
- Bonus: 0 €

Totale: 756,09 €

Viaggio n. 3

Dati viaggio:

- Stabilimento di partenza: Fossano
- Ultimo punto di scarico: Saluzzo (CN)

- Chilometraggio viaggio andata: 36 km
- Consegne e relative tonnellate:
 - Saluzzo (CN): 29 ton
- Stabilimento di ricarica: Fossano
- Distanza ultimo punto di consegna e punto di ricarica: 36 km
- Bonus: 0

Tariffario attuale:

- Costo del mangime in andata: 148,48 €
- Ritorni a vuoto: 0 €
- Soste: 0 €
- Consegne disagiate: 0 €
- Altri bonus: 0 €

Totale: 148,48 €

Nuovo tariffario:

- Costo viaggio a pieno carico in autostrada: $0 \text{ km} * (0,198 \text{ €/km} + 0,38 \text{ l/km} * 1,39 \text{ €/l}) = 0 \text{ €}$
- Costo viaggio a pieno carico in strade non a pagamento: $38 \text{ km} * 0,4 \text{ l/km} * 1,39 \text{ €/l} = 21,13 \text{ €}$
- Costo viaggio a vuoto in autostrada: $0 \text{ km} * (0,198 \text{ €/km} + 0,32 \text{ l/km} * 1,39 \text{ €/l}) = 0 \text{ €}$
- Costo viaggio a vuoto in strade non a pagamento: $38 \text{ km} * 0,34 \text{ l/km} * 1,39 \text{ €/l} = 17,95 \text{ €}$
- Costo personale: $(38 \text{ km} + 38 \text{ km}) * 0,38 \text{ €/km} = 28,88 \text{ €}$
- Altre spese: $(38 \text{ km} + 38 \text{ km}) * 0,25 \text{ €/km} = 19 \text{ €}$
- Costo fase di carico e scarico: $50 \text{ €} + 20 \text{ €} = 70 \text{ €}$
- Bonus: 0 €

Totale: 156,96 €

Viaggio n. 4, il caso delle motrici

Dati viaggio:

- Stabilimento di partenza: Fossano

- Ultimo punto di scarico: Racconigi (CN)
- Chilometraggio viaggio andata: 40 km
- Consegne e relative tonnellate:
 - Racconigi (CN): 10 ton
 - Cavallermaggiore (CN): 5 ton
- Stabilimento di ricarica: Fossano
- Distanza ultimo punto di consegna e punto di ricarica: 34 km
- Bonus: 0

Tariffario attuale:

- Costo del mangime in andata: 85,05 €
- Ritorni a vuoto: 0 €
- Soste: 15,90 €
- Consegne disagiate: 0 €
- Altri bonus: 0 €

Totale: 100,95 €

Nuovo tariffario:

- Costo viaggio a pieno carico in autostrada: $0 \text{ km} * (0,198 \text{ €/km} + 0,38 \text{ l/km} * 1,39 \text{ €/l}) * 0,6 = 0 \text{ €}$
- Costo viaggio a pieno carico in strade non a pagamento: $40 \text{ km} * 0,4 \text{ l/km} * 1,39 \text{ €/l} * 0,6 = 13,44 \text{ €}$
- Costo viaggio a vuoto in autostrada: $0 \text{ km} * (0,198 \text{ €/km} + 0,32 \text{ l/km} * 1,39 \text{ €/l}) * 0,6 = 0 \text{ €}$
- Costo viaggio a vuoto in strade non a pagamento: $38 \text{ km} * 0,34 \text{ l/km} * 1,39 \text{ €/l} * 0,6 = 9,64 \text{ €}$
- Costo personale: $(40 \text{ km} + 34 \text{ km}) * 0,38 \text{ €/km} = 28,12 \text{ €}$
- Altre spese: $(38 \text{ km} + 38 \text{ km}) * 0,25 \text{ €/km} * 0,6 = 11,10 \text{ €}$
- Costo fase di carico e scarico: $25 \text{ €} + 20 \text{ €} = 45 \text{ €}$
- Bonus: 0 €

Totale: 107,20 €

Nell'eseguire questi esempi si è cercato di individuare le diverse tipologie di tratte frequentemente effettuate, cercando così di capire se il nuovo

sistema tariffario potesse adattarsi a tutte le possibili varianti. Scorrendo i risultati, si possono vedere numeri che si avvicinano notevolmente, presentando, però talvolta, alcune differenze. Per avere una visione ottimale occorre effettuare il totale di tutti i viaggi analizzati, prima secondo il vecchio tariffario, e poi secondo il nuovo. Le due sommatorie differiscono di pochi euro, e questo dimostra che i due sistemi, pur utilizzando metodi di calcolo differenti, portano a risultati molto simili. Siccome utilizzano diverse variabili, i due tariffari possono portare a risultati dei singoli viaggi talvolta diversi tra loro. Questa differenza è spiegata dal fatto che il vecchio sistema tende in alcuni casi a pagare viaggi dalle caratteristiche simili in modo abbastanza differente, a causa di adeguamenti che sono stati introdotti progressivamente con il crescere del volume di vendita dell'azienda. Il nuovo metodo, invece, remunera tutti i tragitti nel modo più equo possibile. In ogni caso, comunque, si può facilmente sostenere che il nuovo tariffario studiato porti a risultati abbastanza soddisfacenti.

3.1.7 Tariffario materie prime

Per quanto riguarda il trasporto delle materie prime, occorre compiere una distinzione tra quelle movimentate dalle cisterne marchiate Ferrero e quelle portate dalle ditte esterne con l'utilizzo dei cassoni. Questi due gruppi utilizzano un tariffario differente. Il metodo di calcolo risulta essere lo stesso, differendo però nelle tariffe di partenza, perché quelle attribuite alle cisterne sono più ridotte rispetto a quelle dei mezzi cassonati. La differenza è spiegata dal fatto che le prime lavorano con continuità per la Ferrero Mangimi trasportando prodotto finito, e viene loro commissionato di trasportare materia prima qualora si trovino nei pressi di un punto di carico di un fornitore. Per le ditte esterne, invece, l'organizzazione risulta essere molto più difficile, poiché sono costrette a gestirsi autonomamente. Per esempio devono ricercare in modo indipendente le andate per arrivare al punto di carico, oppure sono costrette a compiere tratte anche considerevoli con il mezzo vuoto. La tariffa più elevata serve in qualche modo a ripagare la difficoltà che i trasportatori esterni possono dover affrontare per poter prestare il servizio richiesto.

Per quanto riguarda le cisterne, si è deciso di pagare i trasporti di materie prime con lo stesso metodo utilizzato per il prodotto finito, andando

quindi a delineare i costi per i consumi di carburante, per le autostrade, per il personale e tutte le altre spese, attribuendo anche un rimborso di 50 € per la fase di carico e di 20 € per lo scarico. Utilizzando quindi lo stesso metodo di tariffazione, il trasporto di materia prima verrà pagato integrandolo interamente nella redazione dei report mensili, e non dovrà più essere ricavato attraverso altri programmi come avviene attualmente.

Per quanto riguarda, invece, il trasporto delle materie prime tramite i mezzi cassonati, l'organizzazione è differente. L'incaricato degli approvvigionamenti provvede ad affidare i trasporti a ditte esterne, fornendo loro informazioni sul punto di carico e sugli orari di scarico in stabilimento. Spetta quindi alla ditta in questione organizzare la propria logistica per far giungere il mezzo al punto di carico e scarico nelle tempistiche richieste. Domandando questo servizio ai trasportatori, l'azienda deve riconoscere una tariffa maggiore rispetto a quella pattuita per le cisterne, i cui viaggi sono interamente gestiti dalla logistica della Ferrero Mangimi.

Il nuovo tariffario per quest'ultimo tipo di trasporti, si basa su quello creato per i prodotti finiti movimentati dalle cisterne, poiché, trattandosi di mezzi simili, i costi sostenuti risultano essere all'incirca gli stessi. Rispetto ai valori attribuiti alle voci analizzate in precedenza, l'unica variazione effettuata è quella inerente la fase di scarico. Questa operazione comporta spesso un periodo di attesa per i trasportatori, che per prima cosa devono attendere il prelievo di un campione della merce. Tale campione viene analizzato e viene valutata la compatibilità con gli standard qualitativi dettati dalla Ferrero Mangimi. Superata questa fase l'autista deve attendere il proprio turno di scarico, che saltuariamente può portare un'ulteriore periodo di attesa. Date queste circostanze si è pensato di remunerare le operazioni di scarico con un bonus di 50 euro, seguendo la linea della fase di carico. Dovendo anche coprire le spese extra che le società di trasporto esterne devono sostenere nell'organizzare autonomamente la movimentazione dei mezzi, si è scelto di aggiungere 0,157 €/km per poter remunerare maggiormente questo tipo di trasporto.

Il nuovo tariffario non ripropone sempre con precisione le tariffe del sistema attuale, ed in alcuni casi risultano discrepanze significative. Tutto ciò è spiegato dal fatto che il modello in uso oggi è stato sviluppato negli anni con il crescere dell'azienda. Progressivamente sono aumentati i pun-

ti di carico delle materie prime, e le tariffe sono state spesso aggiustate anche seguendo le richieste dei vari trasportatori, i quali rifiutavano i carichi se non veniva riconosciuto loro un compenso maggiore. A seguito delle varie modifiche apportate, sono nate parecchie anomalie, che hanno reso alcune tratte più favorevoli rispetto ad altre, determinando quindi compensi diversi tra i vari trasportatori impegnati su percorsi differenti. Andando ad utilizzare una tariffa proporzionale ai chilometri, si è così cercato di rendere equi i pagamenti, gestiti da ora in poi con un sistema standard.

CAPITOLO 4

Ottimizzazione dei viaggi creati dagli operatori logistici

Una volta generato il nuovo sistema tariffario in base alle esigenze della Ferrero Mangimi e dei suoi trasportatori, ci si è concentrati sull'ottimizzazione dei piani delle consegne elaborati dai singoli pianificatori quotidianamente. Come verrà spiegato nelle pagine successive, si è pensato di studiare un algoritmo che potesse analizzare il lavoro svolto dagli operatori per apportarvi alcune migliorie. L'algoritmo creato considera come base di partenza le scelte dei pianificatori e cerca di mostrare quanto i singoli piani possano essere ancora migliorati a livello economico. Gli addetti della logistica possono prender spunto dai risultati proposti dall'algoritmo per affinare il proprio lavoro, riuscendo a ricreare piani di consegna più vantaggiosi per l'azienda.

4.1 Ottimizzazione combinatoria

Molti dei processi decisionali affrontati per la gestione di un'impresa, quali per esempio la gestione delle consegne ai clienti, possono essere ricondotti al seguente schema logico: a fronte del problema considerato, il decisore individua un insieme di decisioni attuabili, e stabilisce un criterio di valutazione e confronto tra più scelte, come i costi oppure i ricavi determinati dalla decisione. A questo punto, il decisore si trova a dover

individuare la decisione “migliore” rispetto al metodo valutativo introdotto, ovvero la scelta che rende minimo il costo o massimo il guadagno. Dal punto di vista matematico, lo schema concettuale riassunto delinea una categoria molto estesa di modelli quantitativi: i modelli di ottimizzazione. La forma generale che un modello di ottimizzazione deve possedere (si veda ad esempio [2]) presuppone che si voglia determinare l'elemento appartenente all'insieme X delle soluzioni ammissibili, che minimizza la funzione obiettivo $c(x)$, definita per ogni elemento dell'insieme X . In simboli, occorre risolvere il problema di ottimizzazione:

$$\min c(x)$$

$$x \in X$$

L'insieme X delle soluzioni ammissibili viene anche detto *insieme ammissibile* oppure *regione ammissibile*. Gli elementi x^* di X che risolvono il problema T , ossia quelli che rendono minima la funzione $c(x)$, vengono detti soluzioni ottimali. A questi elementi è anche associato il corrispondente valore della funzione obiettivo $c^*=c(x^*)$, che rappresenta il valore della miglior soluzione.

Cercando di spiegare in termini più semplici quanto finora esposto, si può dire che in questi processi decisionali le soluzioni ammissibili dell'insieme X possono essere interpretate come tutte le scelte che il decisore valuta essere accettabili in base al campo applicativo in cui è chiamato ad operare. La funzione obiettivo $c(x)$, invece, rappresenta il metodo di valutazione delle prestazioni con il quale egli intende confrontare le decisioni ammissibili al fine di individuare quella migliore. Nel caso in esame, dove il criterio di prestazione sottintende un costo economico, verrà considerata ottimale la decisione che renda minima la funzione obiettivo.

4.1.1 Complessità computazionale

Individuato il problema T con le sue incognite da risolvere, un algoritmo che cerca di fornire una soluzione per T , può essere considerato come una sequenza finita di istruzioni che, eseguita su una qualsiasi istanza t di T , compia una serie di passi, anche detti computazioni elementari, e alla

fine si arresti, andando a delineare una soluzione di t , oppure dimostrando che t non ha soluzioni accettabili.

Dato un problema T , una sua istanza t , ed un algoritmo A che risolve T , occorre valutare il costo (o complessità) di A applicato a t , ossia una stima delle risorse utilizzate nelle varie operazioni che A esegue nel suo processo per determinare la soluzione di t .

Parlando delle risorse utilizzate, bisogna sottolineare che principalmente sono di due tipi: *memoria occupata* e *tempo di calcolo*. Tra le due spesso la risorsa più critica è la seconda, ossia il tempo impiegato per l'esecuzione dell'algoritmo, che diventa ovviamente il metro di misura principale della sua complessità. Ipotizzando che tutte le operazioni elementari abbiano all'incirca la stessa durata, il tempo di calcolo può essere ricavato moltiplicando il numero di operazioni elementari effettuate dall'algoritmo, per il tempo di esecuzione di ogni singolo passo. Dato un algoritmo, prima di testare le soluzioni proposte, è opportuno valutare la sua complessità in modo da intuire sinteticamente la sua bontà, e poterlo così comparare anche con algoritmi alternativi (si veda anche [1] cap. 5). Occorre esprimere la complessità come una funzione $f(n)$ della dimensione n dell'istanza a cui si vuole applicare l'algoritmo, la quale rappresenta una misura del numero di bit utilizzati per descrivere, con un codice il più compatto possibile, i dati contenuti nell'istanza, cioè una misura della lunghezza del suo input. Normalmente per ogni dimensione esistono parecchie istanze di quella grandezza, e dovendo scegliere una funzione che le rappresenti tutte, si cerca di determinare $f(n)$ come il costo necessario per risolvere la più difficile tra le istanze di dimensione n ; andando così a determinare la complessità nel caso peggiore.

Sia f la funzione di complessità temporale associata ad un algoritmo e n la dimensione dell'istanza di un problema. Si definisce il caso peggiore nel modo seguente:

Si dice che $f(n) \in O(g(n))$ se esiste una costante $c > 0$ tale che $f(n) \leq c \cdot g(n)$.

Il caso peggiore è il caso utilizzato in pratica per determinare la complessità computazionale di un algoritmo. Un algoritmo caratterizzato da una funzione di complessità temporale che risulta essere $O(g(n))$, con $g(n)$ funzione polinomiale di n (come ad esempio n , n^3), si dice *algoritmo po-*

linomiale. Non sono polinomiali, invece, quegli algoritmi dove $g(n) = 2^n$ oppure $n!$.

I problemi per i quali gli algoritmi usati hanno complessità riconducibile a $O(p(n))$, con $p(n)$ un polinomio in n , vengono chiamati *trattabili*, mentre si definiscono *intrattabili* tutti quelli per cui un tale algoritmo non esiste. Andando a fare una classificazione più precisa delle diverse criticità, conviene far riferimento a problemi in forma decisionale. La prima importante classe di problemi è la classe NP (si veda rif. n. [3]), all'interno della quale troviamo tutti i problemi decisionali per i quali la verifica di una soluzione data può essere ottenuta in tempo polinomiale.

Un sottoinsieme della classe NP è la classe P. Al suo interno troviamo tutti i problemi risolvibili in tempo polinomiale, ossia tutti quei problemi decisionali risolvibili attraverso un algoritmo di complessità polinomiale. Per questo motivo i problemi in P sono anche detti problemi polinomiali. Come si può dedurre, $P \subseteq NP$, ma un altro interrogativo che può sorgere è se esistono problemi in NP che non appartengono anche a P, cioè se sia $P \neq NP$. A questa domanda non si è in grado di rispondere, anche se si ritiene fortemente probabile che la risposta sia positiva.

4.1.2 Algoritmi esatti e algoritmi euristici

Nonostante per la maggior parte dei problemi di Ottimizzazione Combinatoria il processo di risoluzione sia alquanto complesso, sono stati sviluppati numerosi metodi efficaci in grado di risolvere larga parte di tali problemi in tempi ragionevoli. Le tecniche di risoluzione disponibili possono essere classificate in due principali classi:

- gli algoritmi (o metodi) esatti (si veda ad esempio [2], cap. 3), i quali consentono di trovare una soluzione ottima di un problema, o provare che non esistono soluzioni realizzabili;
- gli algoritmi euristici, i quali non garantiscono di trovare soluzioni ottime, ma privilegiano l'obiettivo di arrivare a risultati soddisfacenti in un tempo ragionevolmente breve.

I vantaggi dei metodi esatti possono essere riassunti come segue:

- se un algoritmo esatto ha successo si ottengono soluzioni certamente ottime;

- si ottengono informazioni preziose su limiti inferiori e superiori sulla soluzione ottima anche nel caso in cui l'algoritmo si arresti prima del completamento della procedura di ricerca;
- i metodi esatti permettono di eliminare le parti dello spazio di ricerca in cui non possono esservi soluzioni ottime, andando così a definire spazi sempre più ridotti.

Gli svantaggi dei metodi esatti sono i seguenti:

- per molti problemi la dimensione delle istanze che sono risolvibili nella pratica è piuttosto limitata, ed il tempo necessario per la computazione aumenta fortemente con la dimensione dell'istanza;
- la memoria necessaria per algoritmi esatti può essere anche molto grande, e portare all'arresto precoce di un programma;
- per molti problemi di Ottimizzazione Combinatoria gli algoritmi che si comportano meglio sono specifici per un problema, e richiedono molto tempo di sviluppo da parte di esperti in programmatori;
- algoritmi esatti molto efficaci per un dato problema sono spesso difficilmente estensibili nel caso in cui vari qualche dettaglio nella formulazione del problema stesso.

Tra i metodi esatti il più noto è il metodo di *branch-and-bound*. Quest'ultimo consiste in un algoritmo che, partendo tipicamente dal rilassamento lineare di un programma lineare intero, arriva a trovare una soluzione ottima del problema originario, suddividendolo in vari sotto problemi distinti, cioè realizzando vari sottoinsiemi dell'insieme di tutte le soluzioni realizzabili per il problema, per mezzo della scelta dei valori di una delle variabili decisionali.

Come spiegato precedentemente, molti problemi di *ottimizzazione combinatoria* sono “difficili”, e non si riescono ad elaborare algoritmi esatti che ricavino soluzioni accettabili in tempi ristretti. Per questo motivo è spesso necessario sviluppare algoritmi *euristici*, ossia algoritmi che non sempre forniscono la soluzione ottima, ma in generale sono in grado di proporre una buona ed ammissibile per il problema. Per quasi tutti i problemi di ottimizzazione combinatoria è possibile ideare delle euristiche ad hoc, che sfruttano le proprietà del particolare problema in esame (si

veda [2] cap. 4). Gli algoritmi euristici hanno di solito una bassa complessità, ma può capitare che per problemi complessi e dalle dimensioni degli input notevoli, si abbia la necessità di sviluppare algoritmi euristici sofisticati e di alta complessità. In casi molto particolari può anche succedere che un algoritmo euristico non conduca a soluzioni accettabili per il problema, senza però riuscire a dimostrare che non ne esistono. Per riuscire a realizzare un algoritmo euristico che risponda ai nostri requisiti, occorre avere una buona preparazione sulle tecniche risolutive normalmente utilizzate, ma soprattutto è importante analizzare a fondo il problema da risolvere per riuscire ad individuarne la struttura, cioè le caratteristiche specifiche utili, senza dimenticare particolari rilevanti per ottenere i risultati attesi. Nonostante ogni problema presenti le proprie caratteristiche, quasi da farlo sembrare unico, esistono un certo numero di tecniche generali che possono essere applicate a moltissimi problemi, producendo classi di algoritmi di ottimizzazione ben definite. Una possibile classificazione è la seguente:

- euristiche costruttive: si parte da un insieme vuoto e si aggiunge un elemento per volta. Con questi algoritmi ogni aggiunta non viene rimessa in discussione in un secondo momento, ma si considerano soltanto le opzioni rimaste disponibili;
- metodi metaeuristici: parliamo di metodi generali, creati indipendentemente dal problema specifico. Per ogni singola applicazione le varie componenti devono poi essere specializzate ed adattate al caso;
- algoritmi di approssimazione (si veda rif. n.[4]) si tratta di metodi euristici che portano ad un risultato sicuro. È dimostrato che, per ogni istanza del problema, la soluzione ottenuta si avvicina all'ottimo con una certa percentuale di errore;
- iper-euristiche: si tratta di temi al confine con l'intelligenza artificiale, in cui la ricerca è in fase di sviluppo. In questo caso, l'obiettivo è creare algoritmi che siano in grado di scoprire dei metodi di ottimizzazione, adattandosi automaticamente a problemi diversi.

Di seguito si analizzeranno due tra le principali tecniche algoritmiche per la realizzazione di algoritmi euristici, utili a risolvere problemi di otti-

mizzazione combinatoria: gli algoritmi greedy e quelli di ricerca locale. Gli algoritmi greedy (voraci), adottano un criterio basato sulla scelta che risulta essere più vantaggiosa in quel momento, compatibilmente con i vincoli del problema: ad ogni iterazione l'elemento che produce il più vantaggioso miglioramento della funzione obiettivo viene aggiunto alla soluzione. Lo schema concettuale di un algoritmo greedy è il seguente:

1. inizializzare la soluzione S;
2. per ogni scelta da effettuare: prendere la decisione più conveniente, compatibilmente con i vincoli del problema.

La grande diffusione degli algoritmi greedy è portata dal fatto che ripropone ciò che le persone farebbero d'istinto per cercare la soluzione. Mediamente l'implementazione dell'algoritmo risulta essere particolarmente semplice e quindi il tempo di calcolo richiesto è estremamente ridotto. Questi algoritmi possono anche essere utilizzati come blocchi da inserire in algoritmi più complessi. Per esempio possono essere usati per trovare la soluzione iniziale per poi far lavorare altri algoritmi di ottimizzazione. Il difetto di questi algoritmi, però, sta nel fatto che in generale non garantiscono l'ottimo, ed a volte neppure l'ammissibilità della soluzione trovata.

Per gli algoritmi di ricerca locale, la base del metodo di ottimizzazione è molto semplice, infatti, data una soluzione ammissibile, si cercano le soluzioni ad essa "vicine", al fine di determinarne una "migliore", ossia che mediamente perfezioni il valore della funzione obiettivo. Qualora una determinata soluzione venga trovata, essa diventa la soluzione di partenza per un nuovo ciclo di ottimizzazione. Nel caso in cui, invece, nessuna delle soluzioni è migliore di quella corrente, l'algoritmo termina avendo determinato un ottimo locale per il problema. Come si può intuire, il metodo è estremamente generale, e può essere applicato per risolvere problemi molto diversi tra loro. Per particolareggiare l'algoritmo bisogna specificare nel dettaglio:

- come si determina la soluzione iniziale. Quest'ultima potrebbe essere generata casualmente, anche se, di solito, si preferisce partire da una buona soluzione iniziale, determinata attraverso una procedura euristica, o dalla soluzione correntemente applicata dal "committente";

- la rappresentazione delle soluzioni, che è alla base dei successivi elementi;
- l'applicazione che, a partire da una soluzione, ne genera il vicinato (mosse);
- la funzione di valutazione delle soluzioni. Di solito, ciascuna soluzione è valutata calcolando il corrispondente valore della funzione obiettivo. Potrebbe però essere conveniente utilizzare una diversa funzione obiettivo. Ad esempio, in alcuni problemi fortemente vincolati, può essere difficile trovare una soluzione di partenza ammissibile. In tal caso l'algoritmo di ricerca locale può partire da una soluzione non ammissibile e cercare di spostarsi verso soluzioni ammissibili;
- strategia di esplorazione del vicinato.

Nella ricerca locale le strategie più utilizzate sono sicuramente due (per la spiegazione dettagliata delle strategie si veda [2], cap. 4):

- Steepest Descent
- First Improvement

Nella Steepest Descent, una volta conosciuta la soluzione iniziale e il vicinato, si analizza per intero quest'ultimo al fine di trovare la migliore soluzione da confrontare con quella iniziale.

Per l'algoritmo elaborato, sicuramente, di maggiore interesse è la First Improvement. Di seguito analizzeremo i principali passi risolutivi:

1. Inizializzazione: costruire una soluzione iniziale e considerarla come soluzione corrente x
2. Generazione del vicinato della soluzione corrente $V(x) = \{x^1, \dots, x^n\}$.
3. Valutazione del vicinato:
 - a. For $i = 1, \dots, n$ do:
 - b. Se x^i è migliore di x allora:
 - c. Porre $x^i = x$ e break: andare al passo 2.
4. Test di terminazione: se in tutto il vicinato non è stato trovato un miglioramento, STOP.

Rispetto alla Steepest Descent, questa strategia non analizza necessariamente tutto il vicinato della soluzione corrente, ma non appena trova una soluzione migliore, la valutazione del vicinato termina e riparte.

4.2 Algoritmo creato

Come accennato all'inizio di questo capitolo, dopo la realizzazione del nuovo tariffario per l'azienda, è stato deciso di realizzare un'ulteriore strumento di supporto per il lavoro svolto degli operatori logistici, ovvero un programma che, prendendo come punto di partenza le consegne pianificate dagli addetti, attraverso alcuni calcoli, riesca a migliorare quanto realizzato manualmente, con l'obiettivo di ottenere un guadagno economico per la Ferrero Mangimi.

4.2.1 Input

L'input da analizzare consiste nei piani di consegne elaborati quotidianamente da ogni pianificatore. Essendo un algoritmo "esterno" ai software utilizzati dalla Ferrero Mangimi, per il momento, non è ancora stato possibile integrarlo nel suo sistema operativo, dunque l'utilizzo comporta una fase preliminare di carico dati da parte dell'operatore.

Nell'esecuzione dell'algoritmo i dati vengono ricavati da tre file di input. Per ogni ciclo di ottimizzazione, quindi per ogni batteria di viaggi da migliorare, è necessario compilare precedentemente i seguenti file:

- distanze: una matrice quadrata che riporta tutte le distanze tra lo stabilimento di carico e i vari punti di consegna, e quelle tra le varie destinazioni;
- carichi: per ogni ordine viene riportata la quantità richiesta dal cliente;
- tratte: vengono elencati i vari piani consegne, ognuno dei quali inizia e termina con lo stabilimento di produzione della merce, poiché, per il calcolo del costo del viaggio, occorre anche tenere conto della tratta di ritorno.

È importante ancora specificare che, nella fase di test, per non dover esplicitamente nominare i veri clienti, sono stati utilizzati dei codici alfa-

numerici, e lo stabilimento di partenza viene identificato con il codice “AA”. Essendo uno strumento da utilizzare singolarmente, si è previsto di analizzare uno stabilimento per volta, cercando quindi di capire se il paniere di ordini partito da un determinato polo produttivo della Ferrero Mangimi, potesse essere gestito in un modo maggiormente vantaggioso a livello economico.

4.2.2 Funzione obiettivo

Come già accennato precedentemente, il criterio di ottimizzazione è quello basato sul costo totale del piano consegne. Per ogni tentativo di scambio o inserimento eseguito dall’algoritmo, infatti, si valuta se il costo totale sostenuto per effettuare tutte le consegne risulta essere migliore, e quindi minore rispetto a prima.

Nelle prime fasi si tentava di ottimizzare cercando di ridurre al minimo i chilometri percorsi dai mezzi. Questo criterio portava dei miglioramenti, ma non rappresentava il vero obiettivo aziendale. Infatti, come detto nei capitoli precedenti, i chilometri a pieno carico vengono pagati in modo differente rispetto a quelli di ritorno. Andando ad utilizzare il criterio del costo, questa differenza viene ovviamente tenuta in considerazione, e diventa così possibile ottimizzare a tutti gli effetti i piani consegne precedentemente elaborati.

Nel capitolo successivo, che mostra i risultati applicativi dell’algoritmo, verranno anche evidenziate le differenze di risultati in base al criterio di ottimizzazione, facendo capire che, anche piccole variazioni, possono portare grandi risparmi per l’azienda, la quale, mediamente tutti i mesi, spende oltre 1 milione di euro per i trasporti di merci in inbound e in outbound.

Dall’algoritmo, una volta letti i valori in ingresso, ci si aspetta che proponga un nuovo piano di consegne che vada a migliorare la precedente pianificazione, ove possibile, o la confermi come migliore scelta da intraprendere.

4.2.3 Algoritmo proposto

Andando ad analizzare i vari modelli di algoritmi presenti nelle antologie in materia, e cercando di capire quale fosse l'aiuto più pratico di cui l'operatore necessitasse, è stato deciso di utilizzare un algoritmo di ricerca locale.

L'algoritmo creato può essere scomposto in due fasi di ottimizzazione: la prima denominata di scambio, e la seconda di inserimento. Nella parte di scambio, partendo dalla prima consegna del primo viaggio creato dal pianificatore, per ogni consegna, l'algoritmo cerca di scambiare questa con tutte le altre consegne del viaggio stesso, e successivamente degli altri piani di consegna, verificando, ad ogni movimento, se la soluzione ottenuta sia compatibile con i vincoli di portata dei mezzi, e se è realizzata una soluzione migliorante a livello di costi totali. Ogniqualvolta la soluzione si dimostri essere migliore, il processo di ottimizzazione si interrompe, e quest'ultima diventa la base di partenza per un nuovo ciclo di ottimizzazione. Quando scambiando le varie consegne non si riescono più a trovare miglioramenti, la prima fase si arresta, e viene attivata la seconda. In questo processo l'algoritmo tenta di togliere una singola consegna da un viaggio, ed inserirla in un altro. Partendo dalla soluzione ottimizzata della prima fase, seleziona la prima consegna del primo viaggio e prova ad inserirla in ogni posizione di tutti gli altri. Ogniqualvolta l'algoritmo trovi un miglioramento economico, va ad utilizzare questa soluzione come punto di partenza per un nuovo ciclo di ottimizzazione. Dovendo inoltre rispettare anche i vincoli legati alla portata dei mezzi utilizzati, sono stati impostati dei valori minimi e massimi consentiti, in modo da impedire la creazione di viaggi economicamente vantaggiosi, ma irrealizzabili a livello di peso trasportato dai mezzi. Per questa variabile è stato scelto il valore massimo α (definito a 310 quintali), e minimo β (definito a 250 quintali). Ogni viaggio all'interno di questo range di portata è da considerare accettabile, e quindi proponibile come soluzione. Può succedere, però, che nella realtà operativa i mezzi non vengano caricati con gli stessi quantitativi proposti dal sistema. L'operatore, infatti, in accordo con il cliente o con il rappresentante, può decidere di aumentare o diminuire leggermente le quantità richieste, per evitare che i mezzi siano in sovraccarico o, al contrario, siano sotto caricati.

Denominiamo:

- S la soluzione di partenza;
- s_{ij} il singolo ordine presente nel viaggio i alla posizione j;
- C_{tot_s} il valore della funzione obiettivo;
- S' la nuova soluzione ottimizzata;
- $C_{tot_{s'}}$ il valore del costo di trasporto sulla base della nuova soluzione.

Fase 1:

1. Inizializzazione: costruire una soluzione iniziale e considerarla come soluzione corrente S
2. Generazione del vicinato della soluzione corrente $V(s) = \{s_{ij}\}$.
3. Valutazione del vicinato:
 - a. For $i = 1, \dots, n$ e $j=1, \dots, t$ do:
 - b. Invertire la posizione di due consegne (figura 4.1), se $C_{tot_{s'}} < C_{tot_s}$;
 - c. Porre $S' = S$ e break: andare al passo 2.
4. Test di terminazione: se in tutto il vicinato non è stato trovato un miglioramento, passare alla Fase 2.

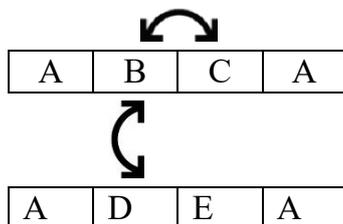


Figura 4.1

Fase 2:

1. Inizializzazione: costruire una soluzione iniziale e considerarla come soluzione corrente S
2. Generazione del vicinato della soluzione corrente $V(s) = \{s_{ij}\}$.
3. Valutazione del vicinato:
 - a. For $i = 1, \dots, n$ e $j=1, \dots, t$ do:
 - b. Spostare la posizione di una consegna senza modificare le altre (figura 4.2), se $C_{tot_{s'}} < C_{tot_s}$;

- c. Porre $S' = S$ e break: andare al passo 2.
4. Test di terminazione: se in tutto il vicinato non è stato trovato un miglioramento, Stop.

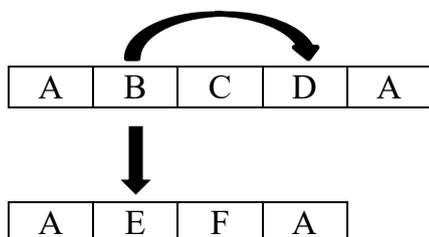


Figura 4.2

Andando ad analizzare la dimensione del vicinato si può dedurre che in entrambe le fasi tale dimensione sia $O(n^2)$.

4.2.4 Output grafico

Al termine dei vari cicli di ottimizzazione, l'algoritmo mostra i risultati in una schermata di output (immagine 4.1) riassuntiva.

Dalla schermata sono reperibili i seguenti dati:

- dati iniziali: elenco di tutti i viaggi elaborati dall'operatore con i relativi quantitativi, i chilometraggi, ed i costi per effettuare il singolo viaggio e quello totale dell'intero piano consegne;
- dati ottimizzati: proposta da parte dell'algoritmo di un nuovo piano consegne ottimizzato a partire dai dati iniziali. Anche per questi viaggi vengono fornite informazioni sui quantitativi, i chilometraggi e i costi;
- informazioni sull'esecuzione dell'algoritmo. Vengono mostrati quanti tentativi di scambio sono stati effettuati, e quanti realmente hanno portato miglioramenti. Viene anche indicato il tempo di esecuzione, il quale può variare in base alle potenzialità del computer in uso.

Leggendo questa schermata di output, ogni operatore può immediatamente capire come migliorare la propria pianificazione al fine di ottenere

risultati più soddisfacenti, tenendo sempre come punto di riferimento le variazioni economiche.

```
"C:\Users\Gianluca Viberti\Desktop\progetto def\ProgettoCosto\main.exe"
Dati iniziali
AA AB AS AG AA Peso camion:280 Numero km: 272
Costo viaggio 437.60
AA AK AN AQ AA Peso camion:290 Numero km: 99
Costo viaggio 230.30
AA AT AJ AZ AA Peso camion:270 Numero km: 271
Costo viaggio 453.30
AA AC AF AO AA Peso camion:250 Numero km: 174
Costo viaggio 319.40
AA AI BA AA Peso camion:270 Numero km: 192 Costo viaggio 321.60
AA AL AR AX AA Peso camion:290 Numero km: 258
Costo viaggio 420.80
AA AU AA Peso camion:250 Numero km: 174 Costo viaggio 278.80
AA AD AV AA Peso camion:270 Numero km: 255 Costo viaggio 396.10
AA AH AW AP AE AA Peso camion:270 Numero km: 350 Costo v
iaggio 576.60
AA AM AY AA Peso camion:270 Numero km: 258 Costo viaggio 408.80
Valide: 1
KmTotali: 2303
Costo Totale: 3434.50
Dati OUTPUT
AA AL BA AR AA Peso camion:280 Numero km: 182
Costo viaggio 329.00
AA AE AT AQ AA Peso camion:260 Numero km: 101
Costo viaggio 232.90
AA AK AW AN AA Peso camion:280 Numero km: 94
Costo viaggio 223.80
AA AC AF AO AA Peso camion:250 Numero km: 174
Costo viaggio 319.40
AA AZ AI AA Peso camion:250 Numero km: 174 Costo viaggio 299.00
AA AB AJ AX AA Peso camion:260 Numero km: 228
Costo viaggio 381.80
AA AU AA Peso camion:250 Numero km: 174 Costo viaggio 278.80
AA AD AG AA Peso camion:310 Numero km: 255 Costo viaggio 395.50
AA AH AP AY AA Peso camion:280 Numero km: 179
Costo viaggio 326.10
AA AS AM AV AA Peso camion:290 Numero km: 265
Costo viaggio 429.10
Valide: 1
KmTotali: 1826
Costo Totale: 2786.30
Scambi Eseguiti: 26, Tentativi: 6498

Process returned 0 (0x0) execution time : 0.948 s
Press any key to continue.
```

Immagine 4.1 Finestra output

CAPITOLO 5

Analisi dei risultati e proposte migliorative ai metodi lavorativi

Al fine di riuscire ad analizzare al meglio i risultati proposti ed a comprendere quali possano essere gli spunti migliorativi che l'algoritmo può fornire agli operatori, si è deciso di utilizzare come input i veri pattern di consegne creati in alcuni giorni della settimana dall'ufficio logistico della Ferrero Mangimi. Non avendo a disposizione dati geografici forniti in automatico dal sistema, ma dovendo ricavare tutto autonomamente, prima di effettuare i test si è deciso, per ogni gruppo di viaggi analizzati, di selezionare solo quelli in partenza dallo stesso stabilimento. Nel nostro caso è stato scelto il polo produttivo di Fossano.

Al fine di compiere analisi più precise, in grado di fornire indicazioni dettagliate ai pianificatori, gli ordini sono stati divisi in gruppi in base alla loro distanza dallo stabilimento. Questo è indispensabile per analizzare al meglio il comportamento dell'algoritmo in situazioni chilometriche differenti.

Come già anticipato nel capitolo precedente, al fine di tutelare la privacy dei clienti della Ferrero Mangimi, ognuno di essi è stato codificato con un codice alfanumerico composto da due caratteri.

Occorre ancora specificare come siano stati considerati solo gli ordini di consegna di mangime e siano stati omessi quelli di ritiro o spostamento

dei prodotti dai silos dei clienti. Qualora dovessero essere trattati anche questi due casi, per quanto riguarda i ritiri di mangime basterebbe inserire il vincolo che vengano effettuati per ultimi nella serie delle consegne, poiché si ha la necessità di avere celle vuote all'interno dell'automezzo per poter ricaricare i mangimi e riportarli in stabilimento, mentre per gli spostamenti interni agli allevamenti, essi possono essere tabulati come semplici consegne di prodotto finito.

5.1 Destinazioni distanti tra i 100 e i 150 km dallo stabilimento

La prima classe di viaggi è rappresentata da quelli caratterizzati da un chilometraggio abbastanza elevato, ovvero oltre i 100 km. È importante sottolineare come questi viaggi non siano i più lunghi compiuti dai mezzi marchiati Ferrero Mangimi. Sono presenti, infatti, tratte che superano anche i 400 o 500 chilometri, ma essendo in numero più ridotto, sarebbero meno utili all'analisi.

Questa gamma di viaggi impiega in media ogni autista per circa quattro ore, senza considerare le fasi di scarico e carico. Ciò dimostra il fatto che, essendo tratte già abbastanza impegnative per gli autisti, è importante un'analisi con lo scopo di ottenere un'azione migliorativa.

I panieri di viaggi analizzati sono caratterizzati da circa 30 consegne in totale da ottimizzare. Per ognuno di essi, partendo dalla soluzione fornita dal pianificatore, è stato applicato l'algoritmo al fine di mostrare le migliori possibili.

Test	N.cons.	D.min- D.max	Costo riferimento	Costo ottimizzato	Δ%
1	29	105-145 km	4.384,50 €	4.039,80 €	7,80 %
2	28	109-135 km	4.381,80 €	4.044,90 €	7,68 %
3	34	107-148km	4.841,70 €	4.251,60 €	12,18 %
4	29	105-145 km	4.198,40 €	4.020,10 €	4,24 %
5	30	102-151km	4.581,30 €	4.089.40 €	10,73%
				MEDIA	8,55 %

Tabella 5.1 Risultati

La tabella 5.1 riporta nella prima colonna l'elenco dei panieri di viaggi che sono stati analizzati. Viene poi indicato per ognuno di essi il costo di partenza, cioè quello che si sarebbe sostenuto con la pianificazione degli operatori logistici, e successivamente il costo ottimizzato grazie all'utilizzo dell'algoritmo, e la sua percentuale di miglioramento. Vengono inoltre fornite informazioni sul numero di consegne da ottimizzare e sulla distanza massima e minima di quest'ultime dallo stabilimento.

Come si può notare, i risultati ottenuti sono stati soddisfacenti, in quanto ogni gruppo di viaggi è sempre stato ottimizzato, e anche con percentuali abbastanza elevate. I viaggi analizzati in questa fase sono tutti caratterizzati da lunghi chilometraggi, il cui costo principale è determinato dal tratto in andata per arrivare al primo punto di scarico. Analizzando i risultati ottenuti si è notato come l'algoritmo abbia tendenzialmente ridotto al minimo gli spostamenti tra una consegna e l'altra, per limitare le tratte a pieno carico. Con questo sistema si andrà eventualmente ad aumentare i tragitti di ritorno a vuoto, che sono però caratterizzati da una tariffa minore, e quindi più conveniente per l'azienda. La gestione delle tratte di ritorno è sicuramente un aspetto finora in parte trascurato dai pianificatori. L'attenzione fino ad oggi si è soprattutto soffermata sull'abbinamento delle consegne, ma non sui ritorni. Con il nuovo sistema tariffario, logicamente già in uso nell'algoritmo, il pianificatore nel momento della scelta delle consegne da unire per creare un viaggio, in caso di dubbio tra più opzioni, dovrà quindi anche effettuare l'analisi dei chilometraggi a vuoto, poiché, all'evenienza, è sicuramente più vantaggioso aumentare quest'ultimi rispetto a quelli a pieno carico.

5.2 Destinazioni distanti meno di 30 km dallo stabilimento

La maggior parte della clientela della Ferrero Mangimi si trova nel territorio del cuneese, rappresentata da un gran numero di allevamenti che si sono legati all'azienda fin dalle sue origini, e sono cresciuti in numero e dimensioni con il trascorrere degli anni. Soprattutto per il polo produttivo di Fossano, le consegne per questi clienti risultano essere una realtà molto estesa. Per riuscire a servire questo alto numero di allevamenti presenti in zona, spesso i mezzi che lavorano per l'azienda compiono in giornata anche tre o quattro viaggi, tornando quindi più volte nello stabilimento di

Fossano per un nuovo carico. Tutto questo è possibile perché il chilometraggio da percorrere è veramente ridotto, e può essere identificato indicativamente in distanze inferiori a 30 km.

Quello che caratterizza questa nuova casistica di viaggi è sicuramente il tempo che viene impiegato dagli autisti durante le fasi di carico e scarico in stabilimento, mentre la durata degli spostamenti tra i vari punti di consegna passa in secondo piano. La componente principale di costo è quindi rappresentata dal rimborso che viene erogato ai trasportatori per le fasi di carico e scarico.

Test	N.cons.	D.min-D.max	Costo riferimento	Costo ottimizzato	$\Delta\%$
1	24	18-29 km	1.194,70 €	1.104,50 €	7,55 %
2	25	8-21 km	826,00 €	732,30 €	11,34 %
3	36	10-26 km	2.102,30 €	1.957,80 €	6,87 %
4	34	5-30 km	1.750,10 €	1.670,20 €	4,56 %
5	30	12-28 km	1.515,50 €	1.428,40 €	5,74 %
				MEDIA	7,21 %

Tabella 5.2 Risultati

Come si può facilmente comprendere leggendo la tabella 5.2, i risultati a livello percentuale sembrano ripercorrere l'andamento dei test visti prima. Trattandosi di chilometraggi ridotti, sicuramente il risparmio economico complessivo sarà inferiore rispetto al caso analizzato in precedenza, ma non trascurabile per un'ottimizzazione generale di tutta la logistica Ferrero.

Dai risultati proposti dall'algoritmo si possono, anche in questo caso, rilevare delle migliorie, che potranno poi essere messe in pratica dai pianificatori. Ricordando quanto analizzato in precedenza durante lo studio del nuovo piano tariffario, per ogni consegna viene riconosciuta ai trasportatori la cifra di 20 €, qualsiasi sia la posizione all'interno del viaggio. Si intuisce, quindi, che, l'unica voce su cui si può provare a lavorare è quella relativa al costo per la fase di carico, fissato nella cifra costante di 50 €. Analizzando i risultati proposti dall'algoritmo, si intuisce che occorre cercare, ove possibile, di assemblare al meglio le consegne al fi-

ne di ridurre al minimo il numero totale di viaggi, risparmiando così eventualmente il costo per la fase di carico. È importante ragionare sul fatto che, qualche chilometro in più d'itinerario, comporta un aumento di spesa sicuramente inferiore rispetto a quanto potrebbe essere il risparmio, qualora si riuscisse a ridurre anche solo di uno il numero totale di viaggi.

Occorre però porre particolare attenzione al fatto che tutto ciò non dovrebbe andare a discapito del chilometraggio delle tratte. È importante, infatti, sempre ricordare che, ridotti spostamenti tra un cliente e l'altro, oltre a ridurre i costi, contribuiscono anche a rendere il viaggio più veloce in termini di tempo, e quindi facilmente gestibile da parte dell'autista.

5.3 Destinazioni distanti tra 0 e 100 km dallo stabilimento

Al fine di poter valutare al meglio il funzionamento dell'algoritmo creato, è stato deciso di analizzare una fascia chilometrica più ampia rispetto alle precedenti. Questa casistica comprende un maggior numero di viaggi e consegne, con maggiori possibilità, quindi, di scambio e ottimizzazione. Nel caso in esame ci si aspetta sicuramente che l'algoritmo realizzi buoni risultati e offra molti spunti propositivi al fine di portare un risparmio economico all'azienda.

Test	N.cons.	D.min-D.max	Costo riferimento	Costo ottimizzato	$\Delta\%$
1	28	18-95 km	2.647,10 €	2.199,4 €	16,91%
2	22	21-85 km	2.195,50 €	2.120,00 €	3,43%
3	35	23-92 km	3.412,3 €	3.121,70 €	8,51 %
4	32	15-99 km	2.940,20 €	2.758,40 €	6,18%
5	30	12-89 km	2.745,30 €	2.484,80 €	9,48 %
				MEDIA	8,89 %

Tabella 5.3 Risultati

Per quanto riguarda questa sezione, si possono notare percentuali più variabili rispetto al valore medio trovato. Questo può essere spiegato dal

fatto che, essendoci più consegne rispetto ai casi precedenti, maggiormente distribuite sul territorio, le possibilità di scelta degli abbinamenti da parte degli operatori sono molteplici. In base alla bontà della soluzione inizialmente ideata dagli addetti, quindi, i miglioramenti che l'algoritmo ha potuto apportare sono stati più o meno significativi.

Anche in questo caso, analizzando le soluzioni proposte, si possono trarre degli spunti per migliorare il metodo lavorativo della Ferrero Mangimi. Per l'organizzazione di questi viaggi, attualmente gli operatori tendono come primo passo a dividere le consegne a zone, cercando di saturare i mezzi con i quantitativi di merce richiesta dai clienti di una determinata area geografica. Questa soluzione è sicuramente molto corretta ai fini economici, e risulta allo stesso tempo di facile esecuzione per gli autisti. L'algoritmo, invece, ha proposto una variante a questo metodo. In alcuni casi, invece di saturare i mezzi con consegne relative alla medesima area geografica, ha abbinato alcuni ordini relativi a clienti distanti dalla zona individuata, che hanno però la caratteristica di trovarsi sullo stesso tragitto percorso dai mezzi per giungere in quest'area. Questo aspetto potrebbe sembrare un controsenso nell'ottimizzazione dei viaggi, ma analizzando più a fondo la dislocazione dei punti di consegna, è possibile notare come l'algoritmo abbia sempre tentato di inserire consegne più vicine allo stabilimento di partenza, ma che fossero sullo stesso tragitto per raggiungere le altre più distanti. Questa soluzione non aumenta il chilometraggio totale del viaggio, e quindi il costo, ed è di grande aiuto per i pianificatori logistici, perché, nel caso in cui non fosse possibile saturare il mezzo con consegne molto vicine tra di loro, si possono considerare anche quelle relative ad altre aree. Tutti questi consigli vanno comunque utilizzati tenendo sempre conto di tutte le regole legate alle contaminazioni, che a volte impediscono la creazione di viaggi molto vantaggiosi a livello economico. Questo aspetto risulta essere di fondamentale importanza per lo studio dei piani di consegna. La Ferrero Mangimi, infatti, offre prodotti destinati a diverse specie animali, con diverse esigenze di nutrimento. È necessario, dunque, uno studio a monte sui giusti abbinamenti che devono essere fatti sui mezzi, in quanto due prodotti differenti potrebbero contenere principi chimici dannosi per la vita di alcuni animali. I mangimi per i volatili, per esempio, insieme a quelli per le filiere non ogm, e a quelli per i conigli, richiedono le maggiori attenzioni, tanto che, con il crescere del numero di richieste, l'azienda sta ini-

ziando a dedicare alcuni mezzi unicamente al servizio di questi determinati prodotti.

5.4 Caso generale con consegne entro i 200 km dallo stabilimento

Al fine di approfondire al meglio il funzionamento dell'algoritmo, si è deciso di allargare il raggio dei clienti, e di selezionare viaggi con consegne entro i 200 km dallo stabilimento. Andando a proporre al sistema sia consegne vicine, sia lontane dallo stabilimento, ci si aspetta che l'algoritmo, anche in questo caso, fornisca informazioni interessanti su come affrontare queste ottimizzazioni.

Test	N.cons.	D.min-D.max	Costo riferimento	Costo ottimizzato	$\Delta\%$
1	29	30-175 km	3.614,50 €	2.939,20 €	18,58 %
2	31	27-190 km	3.825,00 €	3.701,50 €	4,37 %
3	27	35-205 km	3.434,50 €	2.786,30 €	18,87 %
4	33	19-181 km	4.152,20 €	3.874,10 €	6,69 %
5	30	23-193 km	3.958,30 €	3.617,10 €	8,61 %
				MEDIA	11,42 %

Tabella 5.4 Risultati

Con l'aumentare del chilometraggio, l'algoritmo ha più possibilità di ottimizzare la pianificazione degli operatori, e permette maggiori risparmi a livello economico. Analizzando le soluzioni proposte, si può notare come i possibili spunti di miglioramento emersi nei cicli precedenti, siano stati tutti confermati e riproposti in questa fase dei test. Infatti, per i viaggi molto lunghi, oltre i 100 km, l'algoritmo ha cercato di minimizzare sia i chilometraggi di andata e di ritorno, dato che rappresentano la voce principale di costo. Per quanto riguarda, invece, le consegne più vicine allo stabilimento, l'algoritmo ha cercato di ridurre al minimo il numero dei viaggi, andando così a risparmiare sui rimborsi erogati per la fase di carico. Il tentativo di ridurre al minimo il numero di viaggi è anche stato

realizzato utilizzando la tecnica di abbinare consegne non così vicine tra loro, ma tutte presenti nella stessa direzione di quella più distante.

La proposta di analizzare le consegne dividendole in base alla distanza, si sposa in modo ottimale con il metodo lavorativo dell'ufficio logistico dell'azienda, dove il lavoro viene suddiviso in base alla localizzazione dei clienti. Come già spiegato nei capitoli precedenti, infatti, gli operatori si dividono i compiti in base all'origine geografica degli ordini, che vengono divisi principalmente in due gruppi: i clienti piemontesi, che si trovano in media nel raggio di 60-70 chilometri dallo stabilimento di riferimento (Fossano), e quelli fuori regione, che hanno distanze più elevate.

5.5 Test sulle consegne in partenza dallo stabilimento di Altamura

Una volta terminata la fase dei test per le tratte più importanti in partenza dallo stabilimento di Fossano, per valutare ancora meglio il corretto funzionamento dell'algoritmo, si è provato ad applicarlo alla realtà del polo produttivo di Altamura.

I test su questo stabilimento, sono sicuramente quelli dai risultati più incerti. La sede pugliese serve i clienti geograficamente situati a sud dell'Emilia Romagna. Essendo un territorio piuttosto vasto, l'azienda ha deciso di utilizzare il metodo della pianificazione regione per regione. In ognuna di esse sono presenti uno o più rappresentanti, i quali organizzano quasi in modo autonomo tutti gli ordini, preoccupandosi di saturare il mezzo per le consegne. In questo caso la possibilità di scelta da parte dell'operatore è quasi nulla, ma si riduce ad un accordo con il venditore, relativo alle quantità e alle date di consegna.

Compiendo i test ed analizzandoli, si è visto come il territorio servito può essere diviso in due macro aree. I risultati migliori sono stati quelli con punti di consegna in Puglia, Basilicata e Campagna, ossia le zone distanti meno di 250 chilometri dallo stabilimento, per i quali l'algoritmo ha ottimizzato gli scarichi proponendo spunti migliorativi molto simili a quelli citati in precedenza. Per quanto riguarda, invece, i viaggi con consegna nel Lazio, nell'Umbria, nella Toscana e nelle Marche, le modifiche apportate sono state pressoché nulle, poiché, per quanto alcune consegne della stessa regione siano distanti anche 60 chilometri le une dalle altre,

sarebbe poco conveniente provare ad unire consegne situate in regioni diverse, perché lontane tra loro magari oltre 150 chilometri. Questi abbinamenti sono possibili solo in caso di grandi urgenze o improvvise necessità produttive, ma logicamente sono del tutto opposte al concetto di ottimizzazione e di risparmio economico. Per quanto riguarda questa tipologia di viaggi, sono state ottenute delle migliorie solo nel caso in cui, nello stesso ciclo di ottimizzazione, erano presenti più viaggi diretti verso la stessa regione. Al verificarsi di quest'ultima opzione l'algoritmo ha cercato di unire le consegne della stessa area creando due viaggi, e scambiando tra loro gli ordini in modo da ottenere miglioramenti economici.

A causa del problema fin qui esposto, le percentuali di miglioramento si sono rilevate abbastanza ridotte, assestandosi intorno al 3%. I buoni risultati sui viaggi verso le regioni limitrofe allo stabilimento sono stati mitigati dall'impossibilità di agire sui viaggi più lontani.

Questa problematica dell'ottimizzazione dei viaggi con partenza da Altamura, caratterizzati da un lungo chilometraggio, è stato rilevato anche durante le fasi di test del nuovo programma di pianificazione acquistato dalla PTV group, il quale, nonostante sia fornito di sistemi di calcolo chilometrico basato sulla geolocalizzazione dei punti di consegna, di fronte a distanze così ampie, e alla presenza di pochi ordini per ogni regione, non è riuscito a creare itinerari di consegne più vantaggiosi rispetto a quelli già elaborati manualmente dai pianificatori.

5.6 Applicazione dell'algoritmo con funzione obiettivo di ottimizzazione basata sui chilometri

Al fine di effettuare un'ulteriore controllo sulla bontà delle soluzioni trovate, si è deciso di provare a ripetere i test utilizzando lo stesso algoritmo, ma con una diversa funzione obiettivo. Nelle prove precedenti il sistema lavorava cercando di ridurre al minimo i costi per gestire tutte le consegne. In questa analisi, invece, l'algoritmo ha lo scopo di migliorare i viaggi basandosi unicamente sulla lunghezza chilometrica delle tratte da percorrere.

Effettuando questi test, è subito emerso un problema non del tutto trascurabile. Avendo come riferimento solo i chilometri, si rischia di scegliere

come “migliori” i viaggi più brevi a livello di distanza, trascurando così l’aspetto economico. L’obiezione potrebbe essere quella che un viaggio con meno chilometri è sicuramente più conveniente rispetto ad un altro più lungo. Questa osservazione non è del tutto corretta, in quanto tratti con lo stesso numero di chilometri possono avere costi differenti. Se consideriamo, infatti, la valutazione che è stata fatta nei capitoli precedenti in merito ai chilometri percorsi a pieno carico o a vuoto, si comprende quasi immediatamente che il solo riferimento alla lunghezza del viaggio non può bastare per ottimizzare il metodo lavorativo della Ferro Mangimi. Anche il numero di consegne influisce su questo aspetto, infatti, un viaggio, anche breve, ma con più punti di scarico, può risultare più costoso di una tratta dal chilometraggio maggiore.

Test	Costo riferimento	Costo ottimizzato	% miglioramento
1	3.614,50 €	3051,20 €	15,58 %
2	3.825,00 €	3731,10 €	2,45 %
3	3.434,50 €	3905,70 €	15,39 %
4	4.152,20	3941,50 €	5,07 %
5	3.958,30	3701,60 €	6,65 %
		MEDIA	8,99 %

Tabella 5.5 Risultati

Nella tabella 5.5 sono mostrati i risultati dell’applicazione dell’algoritmo con funzione obiettivo basata sull’ottimizzazione dei chilometri. Nel caso specifico sono state scelte come soluzioni iniziali quelle riferite al caso più completo, ossia quello dei viaggi con mete al di sotto dei 200 chilometri.

Come si può notare dalla tabella 5.5, l’applicazione ha comunque portato ad ogni test un miglioramento come nelle fasi precedenti, ma mai si è riusciti ad arrivare a livelli di spesa migliori dei precedenti, fermandosi sempre a qualche punto percentuale di miglioramento in meno.

Analizzando più attentamente la composizione di ogni singolo viaggio si è notato come la variazione della funzione obiettivo abbia determinato uno stravolgimento quasi totale dell’assemblaggio delle consegne. Que-

sto aspetto può sembrare subito strano, ma ragionando è logico intuire che, avendo altri parametri da ottimizzare, è possibile trovare soluzioni completamente diverse. Il tutto dimostra come le possibilità di composizione dei viaggi siano molto vaste, e per questo va sottolineata l'importanza del lavoro del pianificatore, il quale, situazione per situazione, deve analizzare tutte le possibilità, e saper scegliere l'opzione migliore al fine di evitare congiunture economiche svantaggiose.

5.7 Risultati complessivi

Nel paragrafo precedente è stato dimostrato che il modo ottimale per cui può essere utilizzato l'algoritmo studiato, è quello con la funzione obiettivo basata sul costo.

Test	Media
Consegne distanti 100-150 km dallo stabilimento	8,55 %
Consegne distanti 0-30 km dallo stabilimento	7,21 %
Consegne distanti 0-100 km dallo stabilimento	8,89 %
Consegne distanti 0-200 km dallo stabilimento	11,42 %
Consegne in partenza da Altamura	3,15 %
TOTALE	7,84 %

Tabella 5.6 Risultati

Nella tabella 5.6 viene esposto il risultato complessivo delle medie di tutti i casi analizzati. La percentuale finale si assesta intorno al 7,84%. Questo dato potrebbe sembrare a prima vista poco soddisfacente, ma se consideriamo che l'azienda sostiene in media un costo di circa 600.000 € al mese per le consegne del prodotto finito, questa percentuale di miglioramento permetterebbe di ottenere un risparmio di circa 47.000 euro mensili. La cifra in questione potrebbe quindi essere investita ogni mese dalla Ferrero Mangimi in altri campi, per esempio, per migliorare il servizio al cliente, ed essere così più competitiva sul mercato.

CAPITOLO 6

Conclusioni

Il lavoro svolto relativo al progetto aziendale è stato presentato al responsabile dell'ufficio logistico e ai dirigenti della Ferrero Mangimi.

Inizialmente è stata analizzata la parte relativa al nuovo tariffario, poiché l'azienda aveva la necessità imminente di abbandonare il vecchio sistema, e riuscire ad implementarne uno più innovativo. La proposta è stata confrontata con altre idee aziendali, e con il parere del responsabile di logistica, il quale è stato concorde con l'idea di passare ad un sistema basato sul pagamento di ogni singolo chilometro percorso. La sua proposta iniziale era quella di ricavare un valore chilometrico analizzando il vecchio sistema, ed individuando quello che maggiormente proponeva risultati simili alle tariffe fino ad allora utilizzate. La mia scelta di determinare questo dato cercando di stabilire le sue vere e reali componenti è stata molto apprezzata. Il lavoro svolto, infatti, permette di ottenere un risultato facilmente modificabile in base alle oscillazioni dei prezzi del mercato. Nonostante i valori ricavati da entrambe le ipotesi fossero molto simili, possedere un sistema più rigoroso permette sicuramente di far apparire le scelte aziendali come coerenti e obiettive, e quindi anche più apprezzabili dai vari trasportatori. La scelta di cambiare il metodo, è stata anche dettata dal fatto che il programma per la pianificazione logistica necessitava di un upgrade, il quale permettesse di passare ad una nuova versione più prestante, ma con l'utilizzo di un sistema tariffario più snello, ridu-

cendo così al minimo gli interventi manuali necessari per redigere i report sui costi di trasporto mensili. Il tariffario aggiornato dovrebbe entrare definitivamente in funzione con la fatturazione del mese di luglio 2018.

Le proposte migliorative suggerite dall'algoritmo di ottimizzazione sono state presentate, invece, agli operatori logistici, i quali ogni giorno, in base alle loro scelte operative, determinano i costi di trasporto. Analizzando le soluzioni dell'algoritmo, il tentativo è stato subito quello di applicarle alla realtà aziendale. I diversi output sono stati valutati dagli operatori, i quali sicuramente potranno farne uso durante il loro lavoro quotidiano, in modo da migliorare da subito la pianificazione. Il confronto ha anche messo sul tavolo un nuovo obiettivo, ovvero quello di provare ad utilizzare questo algoritmo per analizzare i risultati proposti dal programma realizzato dalla società PTV group, il quale dovrebbe rappresentare il futuro della pianificazione logistica della Ferrero Mangimi. Come accennato nei capitoli precedenti, il sistema propone degli abbinamenti di consegne, convenienti a livello economico, partendo dal paniere degli ordini a disposizione. Siccome per ora non sempre le soluzioni del nuovo programma sembrano soddisfare gli operatori logistici, la proposta è stata quella di analizzare i risultati del software, e confrontarli con quelli dell'algoritmo. In questo modo potrebbero venire a galla eventuali migliorie da suggerire ai programmatori del PTV, i quali potranno apportare ulteriori modifiche al programma, al fine di riuscire ad elaborare un sistema che soddisfi al massimo le esigenze della Ferrero Mangimi.

Si può sostenere quindi, che il lavoro compiuto e redatto in questo elaborato ha sicuramente portato dei risultati positivi per l'azienda. In primo luogo per il passaggio al nuovo sistema tariffario, il quale, proponendo risultati più equi ed obiettivi, sicuramente troverà consenso anche presso i trasportatori che collaborano ogni giorno con la Ferrero Mangimi. In secondo luogo, per l'algoritmo di ottimizzazione, che potrà costituire un supporto al lavoro svolto dagli operatori logistici.

Bibliografia

- [1] Tadei R., Della Croce F., *Elementi di Ricerca Operativa*, Esculapio, 2010.
- [2] Tadei R., Della Croce F., Grosso A., *Fondamenti di Ottimizzazione*, Esculapio, 2005.
- [3] Garey M.R., Johnson D.S., *Computers and Intractability: A Guide to the Theory of NP-Completeness*, Freeman, 1979.
- [4] Vazirani V., *Approximation algorithms*, Springer, 2000.

Sitografia

- [5] www.autostrade.it
- [6] www.borsainside.com/servizi/quotazione_petrolio/
- [7] www.ferreromangimi.it
- [8] www.ilsole24ore.it
- [9] www.lastampa.it