



UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE

FACOLTA' DI INGEGNERIA

Corso di Laurea triennale in Ingegneria Gestionale

**Modelli per la gestione delle scorte per il comitato regionale Marche della
Croce Rossa Italiana**

**Inventory management models for Marche's committee of the Italian Red
Cross**

Relatore:

Prof.ssa Ornella Pisacane

Tesi di Laurea di:

Lorenzo Alibrandi

matr. 1090383

Correlatore:

Dott. Giovanni Ceccaroni

A.A. 2020 / 2021

Abstract

La Croce Rossa Italiana della Regione Marche (CRI), a seguito della pandemia da virus COVID 19, ha subito un importante aumento della richiesta dei dispositivi DPI (Dispositivi di Protezione Individuale) incontrando, di conseguenza, delle problematiche nell'approvvigionamento e nell'identificazione di un livello di scorta di sicurezza che possa far fronte ad eventuali carenze di tali dispositivi.

L'obiettivo di questo studio è quello di determinare una previsione della domanda dei DPI, in modo da poter ordinare la giusta quantità degli stessi tale da gestire opportunamente le eventuali variazioni che possono verificarsi nel corso del tempo.

A tale scopo, sono stati presi in esame i dati storici degli ordini effettuati dal comitato regionale Marche della CRI che, inseriti in opportuni modelli matematici, differenti tra loro poiché utilizzano tecniche diverse per ponderare i dati forniti, hanno portato a dei valori previsionali la cui validità è stata successivamente valutata sfruttando le apposite metodologie per il controllo dell'accuratezza.

Successivamente, avendo individuato delle previsioni attendibili sulla quantità di prodotti da ordinare, è stato analizzato il "livello di scorte del magazzino", utile ad evitare possibili carenze ed essere quindi preparati ad eventuali variazioni improvvise nella richiesta di DPI.

In particolare, il tema della gestione delle scorte viene analizzato mediante i modelli deterministici con tasso di domanda variabile.

Tale studio mira, pertanto, ad apportare delle possibili modifiche nella gestione della previsione degli ordini e delle scorte di DPI, con l'obiettivo auspicabile di aiutare il comitato regionale Marche della CRI ad essere preparata a gestire al meglio situazioni difficili, come quella vissuta nell'ultimo anno, che purtroppo potrebbero ripresentarsi in futuro.

Capitolo 1

Introduzione

Il 31 dicembre 2019 le autorità cinesi riferiscono all'OMS (Organizzazione mondiale della sanità) la presenza di diversi casi di una misteriosa polmonite nella città di Wuhan, nella provincia dell'Hubei.

Questa misteriosa polmonite, successivamente, prenderà il nome di Covid-19, una malattia infettiva causata dal virus SARS CoV-2, che è in grado di causare sintomi respiratori severi che possono necessitare di cure estreme. Questo virus viene trasmesso attraverso le goccioline di saliva, troppo pesanti per restare sospese nell'aria e che tendono a depositarsi a terra o sulle superfici, eliminate dalle persone infette quando tossiscono o starnutiscono.

La crescita esponenziale dei contagi di Sars-Cov-2 ha generato molteplici problematiche in ambito economico, sociale e, soprattutto, sanitario. Proprio in riferimento a quest'ultimo, si è verificato un aumento dell'utilizzo di dispositivi di protezione individuale, anche denominati DPI, con cui si intende tutta quella attrezzatura utilizzata dal lavoratore con lo scopo di proteggersi contro i rischi presenti nella propria attività lavorativa.

Tali DPI si suddividono in tre categorie:

1. DPI di progettazione semplice, destinati a proteggere il lavoratore da rischi di danni fisici di lieve entità;
2. DPI di progettazione complessa, concepiti per salvaguardare da rischi di morte o di lesioni gravi e di carattere permanente;
3. DPI che non rientrano nelle altre due categorie;

Questo studio si concentra sull'identificazione di metodi previsionali e di modelli per la gestione delle scorte, utili al miglioramento delle metodologie per l'approvvigionamento dei dispositivi DPI per la Croce Rossa Italiana della Regione Marche.

1.2 Motivazioni

Per condurre l'analisi oggetto della trattazione sono stati analizzati i principali aspetti che caratterizzano la gestione delle scorte di DPI, in particolare i modelli deterministici con tasso di domanda variabile e il calcolo delle previsioni di richiesta soffermandosi sui metodi quantitativi.

La gestione delle scorte consiste nel prendere delle decisioni riguardo le modalità di approvvigionamento con l'obiettivo di fornire un livello di servizio a costo minimo e, in particolare, l'attenzione è stata posta sui modelli deterministici con tasso di domanda variabile, ovvero il caso in cui la domanda sia nota ma variabile nel tempo.

Per quanto riguarda i metodi di previsione, come detto in precedenza, si utilizzano quelli quantitativi che necessitano dell'uso di modelli matematici e dei dati storici che descrivono l'andamento nel tempo degli ordini effettuati dalla Croce Rossa Italiana. Per poter ottenere una previsione adeguata e concorde con i dati presi in esame è necessario analizzare, inizialmente, la serie storica in modo da effettuare una pulizia dei dati stessi e solo successivamente è possibile utilizzare il metodo più consono al problema oggetto di studio.

La definizione di una logistica emergenziale permette di avere un'organizzazione ben precisa che consente di prevedere tutti i possibili scenari frutti

dell'emergenza che si è presentata, come visto in situazioni critiche come terremoti, calamità naturali o altri disastri, che hanno generato una condizione di disagio in diversi ambiti, permettendo di intervenire prontamente aiutando, di conseguenza, a ridurre ogni tipo di situazione di disagio.

1.3 Obiettivi

Lo sviluppo di questi metodi è utile per poter ottenere dei risultati verosimili che permettano di effettuare dei cambiamenti negli ordini da compiere, consentendo così una preparazione adeguata ad ogni tipo di problematica che si può presentare nel corso delle operazioni svolte dalla Croce Rossa Italiana consentendogli di agire in totale sicurezza salvaguardando i propri operatori.

Le metodologie descritte hanno permesso quindi di ottenere i dati utili allo scopo di questo studio, ovvero il tentativo di aiutare il comitato regionale Marche della Croce Rossa Italiana a migliorare il più possibile la propria organizzazione in tema di gestione delle scorte di DPI, specialmente dopo il periodo difficile vissuto nell'ultimo anno.

1.4 Struttura della tesi

Nel secondo capitolo vengono affrontati i diversi punti di vista riguardo i temi di: *Forecasting Techniques*, *Emergency Logistics* ed *Stock Management*, tematiche che approfondiscono le tecniche di previsione, gestione delle scorte e tutte quelle attività di pianificazione dell'emergenza che si pongono l'obiettivo di fare

arrivare le persone e i beni necessari al posto giusto, nel momento giusto e con un adeguato impegno di risorse.

Nel terzo capitolo viene esaminata la gestione delle previsioni analizzando i metodi previsionali utilizzati nel dettaglio e confrontandoli fra loro, in modo da poter avere una panoramica su vantaggi e svantaggi di ciascuno di essi.

Nel quarto capitolo verrà illustrato il modello matematico utilizzato per la gestione delle scorte, in cui ci si concentra sul calcolo del valore della funzione obiettivo e sull'ammissibilità della soluzione ottenuta.

Capitolo 2

2.1 Introduzione

2.1.1 La gestione delle previsioni

In relazione all'argomento trattato, questo capitolo ha lo scopo di presentare una panoramica sui temi: *Tecniche di previsione, Logistica Emergenziale e Gestione delle Scorte*.

Qualsiasi scelta nell'ambito della gestione delle previsioni viene presa facendo riferimento ai dati disponibili, sia utilizzando un approccio di tipo qualitativo che quantitativo. Tali dati possono riferirsi a valori presenti, passati o a valori che alcuni parametri si prevede che assumano nel futuro.

Le previsioni possono rapportarsi ad orizzonti temporali diversi, suddividendosi in previsioni di lungo periodo, che si riferiscono ad un orizzonte temporale che va da uno a cinque anni e che influiscono prevalentemente sulle decisioni di tipo strategico; di medio periodo, che si riferiscono ad un periodo di lunghezza variabile da qualche mese ad un anno e sono essenziali per le decisioni logistiche di tipo tattico; infine, le previsioni di breve periodo riguardano un orizzonte temporale che è formato da pochi giorni o al più una o due settimane e consentono di stabilire i piani operativi logistici come, in questo caso, la previsione di ordini di DPI (1).

Oltre allo studio di metodi previsionali, l'obiettivo di questo capitolo è quello di analizzarli in una ottica di logistica emergenziale, in modo da poter individuare quelli già usati e che potenzialmente potrebbero essere usati durante una situazione pandemica come quella che stiamo vivendo.

2.1.2 La logistica emergenziale

La logistica emergenziale è una fase che, come definisce [Sheu, J. B. nel 2007](#) (2), consiste nel processo di pianificazione, gestione e controllo dell'efficienza dei flussi di aiuti, informazioni e servizi per soddisfare i bisogni delle persone colpite in condizioni di emergenza. Tale definizione viene spesso presa in esame a seguito di un disastro ambientale o, come nel nostro caso, di una pandemia globale, dunque eventi che generano problematiche in ogni ambito, in particolare nel settore sanitario, a causa di un ingente aumento di persone che necessitano di cure imminenti.

Il fine della logistica emergenziale è dunque: l'identificazione di metodologie che possano dare un contributo nell'organizzazione delle operazioni da effettuare in situazioni di difficoltà.

2.1.3 La gestione delle scorte

Contemporaneamente alle tecniche di previsione e alla pianificazione, assume notevole importanza anche la gestione delle scorte (*Stock Management*). L'Obiettivo principale è quello di contrastare la variabilità della domanda, calcolando un livello di scorte che permetta di soddisfare le esigenze del consumatore nell'eventualità si registrino picchi inattesi di domanda. Nella situazione della CRI durante la pandemia, l'aumento dei servizi svolti e delle esigenze da parte degli operatori sanitari, della disponibilità di dispositivi DPI, ha generato la necessità di avere un livello di scorte che permetta di sostenere tutti gli imprevisti che possono presentarsi nel corso delle operazioni.

2.2 Tecniche risolutive

2.2.1 Tecniche per la gestione delle previsioni

Nell'ambito sanitario l'applicazione delle tecniche di previsione permette di studiare l'avanzamento temporale, rappresentato tramite la serie storica, dei servizi di emergenza effettuati e, di conseguenza, è possibile calcolare valori previsionali futuri che consentono un'adeguata organizzazione per i servizi che verranno effettuati. A tal proposito, nel [novembre del 2006](#) (3), venne pubblicata una ricerca che si preoccupava di analizzare la serie temporale del volume di chiamate di emergenza effettuate al servizio medico di emergenza in Calgary, Alberta, partendo da un'analisi preliminare dei dati di cui sono in possesso, utili per costruire successivamente la serie storica corrispondente e per poi applicare le tecniche di previsione. L'obiettivo di questa ricerca svolta in Calgary è quello di offrire un modello efficace da poter utilizzare per ottenere le previsioni giornaliere dei volumi di chiamate, consentendo così un'adeguata preparazione alle emergenze.

Analogamente nel lavoro di [Souvik Basu, pubblicato nel 2019](#) (4), si nota come tramite l'applicazione di metodi matematici, utili alla previsione, sia possibile prevedere la domanda di risorse di emergenza, basandosi su parametri situazionali che influenzano la domanda di risorse alimentari, come le percentuali di uomini, donne e bambini presenti nel territorio, forniti dai rifugi e centri di soccorso. Tali parametri vengono trasmessi tramite gli smartphone dei volontari creando una DTN (*Delay-Tolerant-Network*) una rete composta da tre diversi nodi: nodi di riparo (*Shelter nodes*) che si preoccupano di identificare la domanda delle risorse di emergenza, successivamente vi sono i nodi di inoltra (*Forwarder nodes*) che hanno il compito di raccogliere le richieste di risorse dei rifugi per poi trasmetterle alle stazioni di controllo e, infine, il nodo di controllo

(*Control Node*) che si impegna nel raccogliere tutte le informazioni dagli altri nodi concentrandosi sulla definizione di una pianificazione delle risorse per i rifugi. Dunque, questa rete DTN permette di definire una logistica emergenziale che permetta di intervenire prontamente ad ogni situazione d'urgenza.

2.2.2 Tecniche per la gestione delle scorte

Come detto in precedenza, per situazioni di emergenza come la pandemia vissuta nell'ultimo anno, è altrettanto importante la gestione delle scorte.

La gestione di un magazzino richiede l'assunzione di decisioni riguardanti l'approvvigionamento, ovvero quanto e quando ordinare un determinato prodotto, con l'obiettivo di fornire un livello di servizio, che rappresenta la probabilità attesa di non incorrere in una rottura di stock, a costo minimo. Tale disciplina viene affrontata sempre attraverso modelli matematici. Uno fra i modelli utilizzati per la gestione delle scorte è quello formulato da H.M Wagner e T.M. Whithin, che permette di calcolare il minimo costo che può generare la produzione di un bene con tasso di domanda variabile. Tale modello sarà utilizzato nel presente lavoro.

Inerente al tema della gestione delle scorte vi è anche il trattato scritto da [K. Abedrabboh](#) (5), in cui propone una formulazione che permette di schedulare gli ordini di DPI in modo da poter facilitare le strutture sanitarie nella propria organizzazione per affrontare, come nel nostro caso, la pandemia da Covid-19. Seguendo questa formulazione, all'interno del modello utilizzato vi è il consumo, identificato dal valore Q , che è composto da due quantità separate: la domanda di DPI in base al numero di pazienti che sono in quel momento ricoverati, espresso tramite il valore "d", ed il numero di kit di DPI che vengono messi nel deposito o prelevati da esso, rappresentato dal termine "a" che sarebbe la

decisione che tale modello si preoccupa di individuare. I risultati ottenuti da questo modello mirano ad aiutare le strutture sanitarie a prendere le adeguate decisioni riguardo lo stoccaggio che riducono al minimo i costi di ordinazione dei DPI.

2.2.3 Tecniche di previsione e gestione delle scorte nella logistica emergenziale

L'applicazione di tecniche di previsione e per la gestione delle scorte consente di potersi organizzare per contrastare le difficoltà che si possono presentare in una situazione post-catastrofica, come spiega lo [studio svolto nel 2012](#) (6). Tale studio si preoccupa di sviluppare quattro diverse previsioni incentrate sulle conseguenze che porta un disastro naturale: la previsione del numero di calamità naturali, la previsione del numero di persone colpite da disastri naturali, una stima delle perdite economiche provocate dai disastri naturali e infine prevedendo il numero dei decessi. Questo studio mira ad ottenere dei risultati utili alle agenzie di soccorso, poiché permettono di ridurre quelle situazioni di disagio post-catastrofiche come l'aumento di richiesta di materiali di rilievo con breve preavviso o la mancanza di una gestione dei trasporti di grandi quantità di merci di prodotti diversi, consentendo un'ottimizzazione dell'allocazione delle diverse risorse nella pianificazione di una logistica di emergenza.

Prendere decisioni, basandosi su operazioni come l'utilizzo di tecniche di previsione o gestione delle scorte, utili per la definizione di una logistica emergenziale, aiuta a contrastare le crisi sociali che possono verificarsi in un ambiente disorganizzato in situazioni post-catastrofiche e non solo, come si può notare nello studio svolto da [X. Zhang](#) (7).

Quest'ultimo, attraverso il suo articolo, si pone l'obiettivo di promuovere la costruzione di una logistica emergenziale per la Cina, partendo da un

miglioramento di esso e concentrandosi sul consolidamento della tecnologia della logistica emergenziale, sottolineando il valore e l'importanza della definizione di una logistica in momenti di emergenza come quello vissuto nell'ultimo anno, permettendo così di rispondere ad un'inaspettata crisi sociale, che rappresenterebbe l'inizio di tutti i disagi in una circostanza di emergenza, come si è potuto constatare in questo periodo di pandemia da Covid-19.

2.2.4 Conclusione

Le tecniche di previsione e di gestione delle scorte possono quindi fornire un valido contributo anche nell'ambito della logistica emergenziale, in cui spesso ci si trova ad affrontare situazioni mutevoli anche in maniera repentina. Nel successivo capitolo, ci si concentrerà più in dettaglio su alcuni metodi di previsione e di gestione delle scorte mentre nel capitolo 4, si presenteranno alcuni risultati ottenuti su un caso di studio tratto da quello fornito dal comitato Regionale Marche della Croce Rossa Italiana.

Capitolo 3

3.1 Introduzione alla Gestione delle Previsioni

La previsione di dati è una fase di primaria importanza nel campo della logistica. A tal proposito in questo capitolo verranno affrontate nel dettaglio le 3 fasi che hanno caratterizzato la previsione svolta per i dispositivi DPI:

1. **Preprocessamento dei dati**, il cui obiettivo è quello di identificare gli errori e possibilmente rimuoverli in maniera tale che essi non inficino la previsione;
2. **Scelta del metodo di previsione**, in cui viene selezionato il metodo di previsione più adatto;
3. **Controllo dell'accuratezza del metodo**, questa fase mira a misurare l'accuratezza della previsione in quanto può essere soggetta ad errori e, in caso di necessità, occorrerà ricalibrare i parametri del metodo o, in casi estremi, cambiare il metodo di previsione;

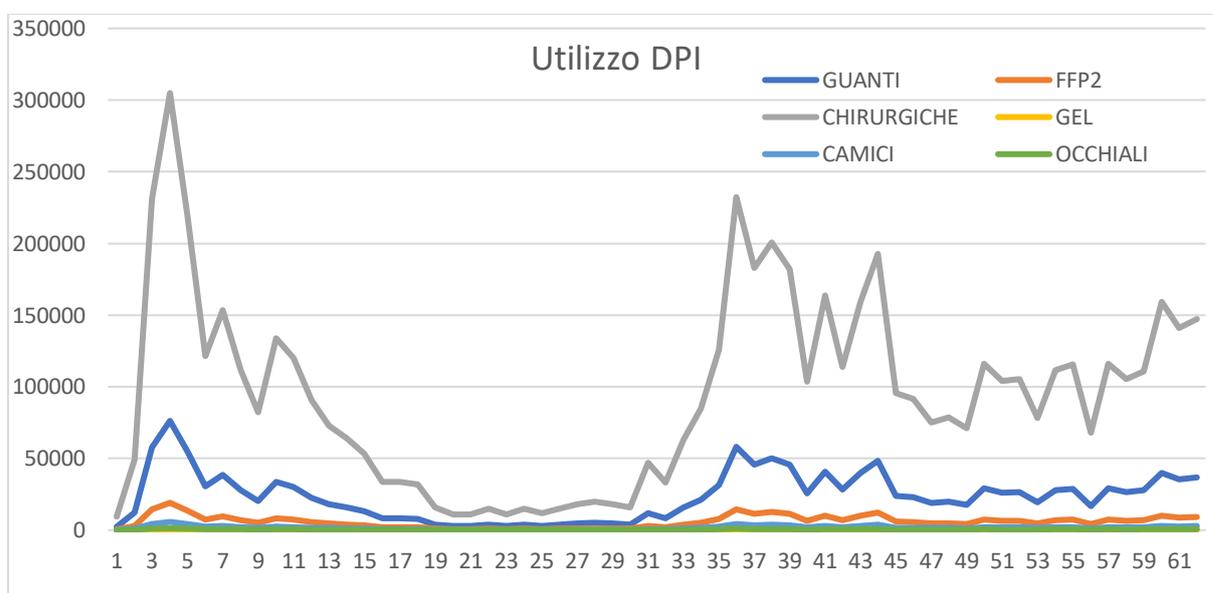
3.1.1 Preprocessamento dei dati

In questa fase, per poter avere una serie storica su di cui poter applicare i metodi previsionali, è stata svolta un'analisi dei dati forniti dalla Regione Marche e dalla Croce Rossa Italiana.

In particolare, da questi dati, è stato possibile calcolarsi le variazioni delle ospedalizzazioni da un giorno all'altro, in modo da poter identificare i movimenti

effettuati durante il giorno e, quindi, il numero dei servizi svolti dalla Croce Rossa Italiana.

Dopodiché, avendo individuato i servizi svolti nell'ultimo anno e moltiplicandoli per gli operatori presenti all'interno di un'unità di soccorso pari a 3 e per la quantità di DPI utilizzati per ogni servizio, risulta possibile ottenere una stima plausibile dell'utilizzo di DPI nella regione Marche nelle ultime 62 settimane, precisamente da fine febbraio 2020 a inizio maggio 2021.



Utilizzo DPI dal 24/02/2020 al 14/05/2021

Successivamente, per rendere più dettagliata l'analisi, il calcolo dell'utilizzo di DPI è stato fatto per ogni comitato, come rapporto fra la popolazione del luogo in cui è presente il comitato e la popolazione totale della regione Marche, per poi moltiplicarlo per il valore dei DPI del caso regionale.

$$\text{Utilizzo DPI (Comitato)} = \frac{\text{Popolazione Comitato}}{\text{Popolazione regionale}} * \text{Utilizzo DPI regionale}$$

In quest'ultima formula, per "Utilizzo DPI regionale" si intende la quantità di DPI utilizzata durante un singolo intervento svolto dalla Croce Rossa Italiana. Tale valore è stato possibile ottenerlo grazie ai dati forniti da quest'ultima sugli ordini totali effettuati nel periodo di pandemia, effettuando il rapporto tra la totalità degli ordini di uno dei DPI, considerando che ne venga usato almeno uno per ogni servizio, e la totalità di un altro DPI, ottenendo così l'ipotetica quantità di utilizzo del DPI per un singolo intervento d'emergenza.

Infine, avendo ottenuto una serie storica sulla quale lavorare, è risultato necessario individuare quei valori che vengono definiti "anomalie" ed eliminarli, altrimenti rischierebbero di inficiare il corretto funzionamento dei metodi previsionali.

Solitamente l'identificazione delle anomalie richiede una procedura complessa, poiché è necessario considerare l'andamento della serie storica. Nel caso oggetto di studio è stata utilizzata la regola empirica che consiste nell'identificazione del primo e del terzo quartile, Q_1 e Q_3 , della serie storica e i valori che poi non rientrano nell'intervallo:

$$[Q_1 - 1.5(Q_3 - Q_1); Q_3 + 1.5(Q_3 - Q_1)]$$

L'idea di base di questo metodo è che i valori minori di $Q_1 - 1.5(Q_3 - Q_1)$ o maggiori di $Q_3 + 1.5(Q_3 - Q_1)$, si discostino dal 50% dei valori centrali della serie storica inclusi nell'intervallo ottenuto precedentemente.

3.1.2 Scelta del metodo previsionale

In questo paragrafo verrà indicato con $p(\tau)$, $\tau = 1, \dots$, il valore previsionale del dato, determinato al periodo di tempo t , riguardante il τ -esimo periodo in avanti a partire da t .

Dopo aver visionato la serie storica, i metodi scelti per poter effettuare la previsione si suddividono in:

1. Metodi previsionali nel caso di serie storiche continue e regolari, con tendenza stazionaria e in assenza di stagionalità e ciclicità di lungo periodo;
2. Metodi previsionali nel caso di serie storiche continue e regolari, con tendenza lineare e in assenza di stagionalità e ciclicità di lungo periodo;

Nel primo caso verranno affrontati in particolare il Metodo della Media Mobile Ponderata e il Metodo dello Smorzamento Esponenziale:

- **Metodo della Media Mobile Ponderata:** tale metodo attribuisce un peso al singolo valore del periodo t , in modo da valorizzare specialmente i dati più recenti, ovviando ai limiti che presenta il metodo della media mobile semplice che attribuisce ai dati in ugual peso:

$$P_{t+1} = \frac{\sum_{t=1}^T t * y_t}{\sum_{t=1}^T t}$$

- **Metodo dello Smorzamento Esponenziale:** l'applicazione di tale metodo permette di attribuire un valore $\alpha \in \{0,1\}$, detto costante di smorzamento esponenziale, la cui scelta svolge un ruolo fondamentale poiché: valori elevati comportano un peso maggiore per i dati storici più recenti e, quindi, una maggior possibilità di seguire i cambiamenti dei valori, man mano che essi si rendono disponibili, mentre con valori bassi è possibile avere una previsione

meno influenzata da componenti casuali, ma le variazioni più recenti dei dati sono incluse nella previsione con ritardo maggiore:

$$P_{t+1} = \alpha y_t + (1 - \alpha)P_t$$

Mentre i metodi appartenenti al secondo insieme si basano sullo schema computazionale $P_t(T) = a_t + b_t * T, T = 1, \dots$; in cui a_t e b_t vengono stimati tramite l'utilizzo di specifiche tecniche quali:

- **Metodo di Holt:** tale metodo si preoccupa di ovviare all'incapacità, del metodo dello smorzamento esponenziale, di saper cogliere la presenza di un andamento di lungo periodo lineare e si basa su due relazioni:

- $a_t = \alpha y_t + (1 - \alpha) * (a_{t-1} + b_{t-1})$

- $b_t = \beta(a_t - a_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$

In cui la scelta dei coefficienti α e β viene effettuata seguendo le stesse indicazioni illustrate con il metodo dello smorzamento esponenziale

- **Metodo della Doppia Media Mobile:** questo metodo è un'estensione del metodo della media mobile semplice in cui, indicando con $r (\geq 2)$ il parametro della doppia media mobile si ottiene:

$$a_t = 2\gamma_t - \eta_t$$

$$b_t = \frac{2}{r-1} * (\gamma_t - \eta_t)$$

Dove γ_t è la media degli r valori più recenti:

$$\gamma_t = \sum_{k=0}^{r-1} \frac{y_{t-k}}{r}$$

Mentre η_t rappresenta la media degli r valori medi più recenti:

$$\eta_t = \sum_{k=0}^{r-1} \frac{\gamma_{t-k}}{r}$$

L'applicazione di tali metodi ha permesso di ottenere dei dati che, in accordo con le fasi che caratterizzano la previsione, verranno analizzati seguendo gli indici di accuratezza descritti nel paragrafo successivo.

3.1.3 Controllo dell'accuratezza del metodo

Ogni attività di previsione è soggetta a errori che possono avere un notevole impatto sui processi decisionali interni all'azienda. Tali errori dipendono dalla natura di tipo casuale delle variabili oggetto delle previsioni. Ciò introduce l'ultima fase della previsione: la stima dell'accuratezza dei diversi metodi di previsione.

L'accuratezza di un metodo previsionale è stata calcolata attraverso l'analisi degli errori che sarebbero stati commessi se la procedura fosse stata applicata in passato.

La misura di accuratezza utilizzata è l'errore assoluto percentuale medio (MAPE, *Mean Absolute Percentage Error*) corrispondente, al periodo T (>1):

$$MAPE = \frac{\sum_{t=2}^T \frac{|e_t|}{y_t}}{T - 1}$$

Tale misura fornisce una percentuale che, confrontata con la tabella 1.1, permette di valutare la qualità della previsione ottenuta.

Errore assoluto percentuale medio	Qualità della previsione
$MAPE \leq 10\%$	Molto buona
$10\% < MAPE \leq 20\%$	Buona
$20\% < MAPE \leq 30\%$	Ragionevole
$MAPE > 30\%$	Cattiva

Tabella 1.1

L'applicazione di misure di accuratezza può essere sfruttata per poter confrontare l'efficacia di metodi previsionali alternativi e consentire la scelta della metodologia più adatta al processo di stima da compiere.

3.2 Introduzione alla gestione delle scorte

La gestione delle scorte consiste nel prendere delle decisioni riguardo le modalità di approvvigionamento con l'obiettivo di fornire un livello di servizio a costo minimo e, in coerenza con il problema, oggetto di studio, ci si concentra sui modelli deterministici con tasso di domanda variabile, ovvero nel caso in cui la domanda sia deterministica ma variabile nel tempo.

3.2.1 Modello deterministico con tasso di domanda variabile di Wagner e Whithin

Tale modello necessita della definizione di una serie di dati quali: un orizzonte temporale di riferimento discreto (1, ..., T), la domanda al periodo di tempo t (d), il costo fisso di riordino (k) e il costo di stoccaggio (h). Successivamente, seguendo il problema formulato nel 1958 da H.M Wagner e T.M Whithin,

vengono definite le variabili decisionali: la quantità ordinata all'inizio del periodo t (q_t), il livello delle scorte alla fine del periodo t (I_t) e, infine, una variabile decisionale binaria pari a 1 se un ordine è emesso al periodo t , 0 altrimenti.

Modello di Wagner e Whithin

$$\text{Min } \sum_{t=1}^T (ky_t + hI_t) \quad (1)$$

$$I_t = I_{t-1} + q_t - d_t, t = 1, \dots, T \quad (2)$$

$$q_t \leq y_t * \sum_{r=t}^T d_r, t = 1, \dots, T \quad (3)$$

$$I_0 = 0 \quad (4)$$

$$I_t \geq 0, t = 1, \dots, T \quad (5)$$

$$q_t \geq 0, t = 1, \dots, T \quad (6)$$

$$y_t \in \{0,1\}, t = 1, \dots, T \quad (7)$$

dove la funzione obiettivo (1) da minimizzare rappresenta il costo totale. Il gruppo di vincoli (2) rappresenta il bilancio dell'inventario periodo per periodo. Il gruppo di vincoli (3) impone che, per ogni periodo di tempo $t=1, \dots, T$, la quantità ordinata q_t deve essere nulla se in quel periodo non viene emesso l'ordine e comunque non può assumere un valore maggiore della quantità domandata in quello stesso periodo. Infine, il vincolo (4) impone che il valore iniziale dell'inventario sia nullo. La natura delle variabili decisionali è espressa nei vincoli (5) — (7).

Capitolo 4

4.1 Sperimentazione

Proseguendo con l'applicazione dei metodi descritti in precedenza, dopo una prima implementazione dei modelli si è potuto notare come la notevole variabilità della domanda ha reso decisamente più complesso il calcolo. Di conseguenza sono stati analizzati i dati relativi alle ultime settimane, in modo da andare ad utilizzare, per i metodi presi in esame, dei dati che presentano una maggiore regolarità lungo l'orizzonte temporale.

In particolare, il lavoro svolto è riassumibile nei seguenti steps:

1. Considerare un periodo da 1 a t della serie storica, che si riferisca ad un determinato DPI e ad uno specifico comitato;
2. Dalla serie storica in esame, considerare le prime X settimane. Nel caso oggetto di studio, sono state prese inizialmente le prime 4 settimane e poi le prime 10 settimane;
3. Applicare la previsione una settimana in avanti e stimare l'errore previsionale commesso;
4. Shiftare le X settimane in avanti ed effettuare la previsione per una settimana in avanti.

Questa operazione risulta utile per poter valutare i metodi con "finestra mobile", per poi concludere l'analisi calcolando l'errore medio commesso e verificando l'accuratezza della previsione tramite l'utilizzo del MAPE.

Infine, la procedura descritta è stata ripetuta considerando anziché solo una settimana in avanti per la previsione, due settimane; in questo modo, è stato possibile verificare l'efficacia dei metodi a seconda di quanto si predice in avanti.

4.1.1 Sperimentazione effettuata considerando le prime 4 settimane

I risultati, ottenuti prendendo in esame i dati relativi alle quattro settimane precedenti al periodo a cui bisogna applicare i metodi previsionali, relativi al comitato di Ancona per le mascherine chirurgiche, permettono di evidenziare come le tecniche tendono a prevedere dei valori che, in alcuni periodi di tempo, sovrastimano o sottostimano la quantità effettiva domandata.

Inoltre, come si può notare nei grafici 4.1 e 4.2, vi sono metodi, come quello della Media Mobile Semplice (Grafico 4.1), che effettuano un calcolo della previsione, nel caso dell'utilizzo dei DPI da parte della Croce Rossa Italiana, decisamente distante dal valore effettivo della domanda. Al contrario, il metodo dello Smorzamento Esponenziale (Grafico 4.2) ottiene un andamento previsionale più vicino alla realtà, e quindi più adeguato al caso preso in esame rispetto al metodo precedente. Tuttavia, per entrambi i metodi, si registrano diverse situazioni di sovrastima o sottostima della domanda.

Un'ulteriore particolarità che è possibile notare dai grafici è che la previsione effettuata per la settimana seguente risulta più accurata rispetto a quella svolta per le due settimane successive, dimostrando come, in tal caso, l'efficacia dei metodi diminuisca man mano che si predice in avanti.

L'efficacia dei metodi, inoltre, è possibile verificarla tramite il MAPE (Mean Absolute Percentage Error), ovvero l'errore assoluto percentuale medio.

Da questo calcolo è possibile ottenere una percentuale che, confrontata con i valori presenti nella [tabella](#) esposta nel capitolo 3, permette di valutare la bontà della previsione. Infatti, dai grafici 4.2 e 4.4, rappresentanti il MAPE per i metodi precedentemente esposti, si può comprendere come il metodo della Media Mobile Semplice sia meno efficace rispetto al metodo dello Smorzamento

Esponenziale. Tuttavia, per entrambi i metodi, si registrano periodi in cui la previsione ha un MAPE superiore al 30%. In particolare, si nota che per il metodo della Media Mobile Semplice il massimo valore del MAPE è intorno al 60% mentre per il metodo dello Smorzamento Esponenziale, è intorno al 90%. Tuttavia, se guardiamo al MAPE medio, il metodo dello Smorzamento Esponenziale presenta un valore più attendibile, pari al 23%, rispetto al metodo della Media Mobile Semplice, equivalente al 29%.

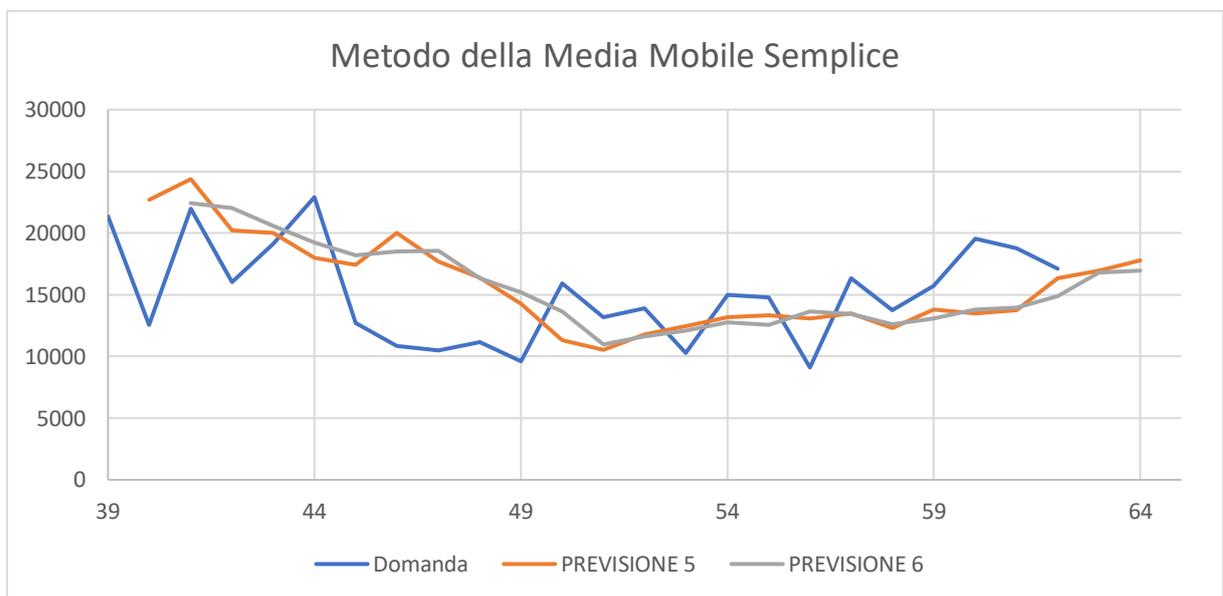


Grafico 4.1

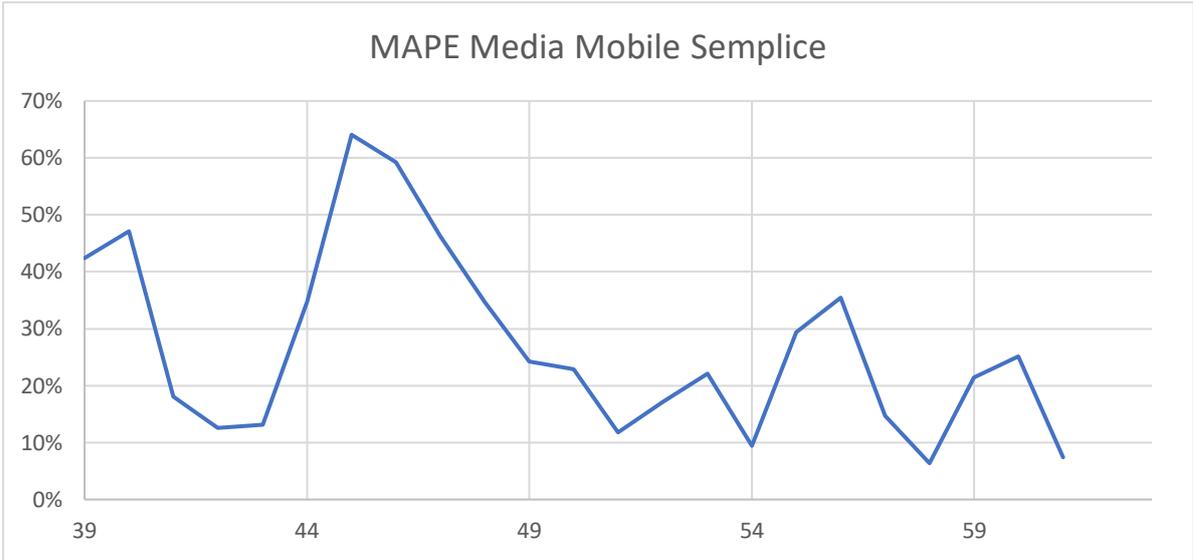


Grafico 4.2

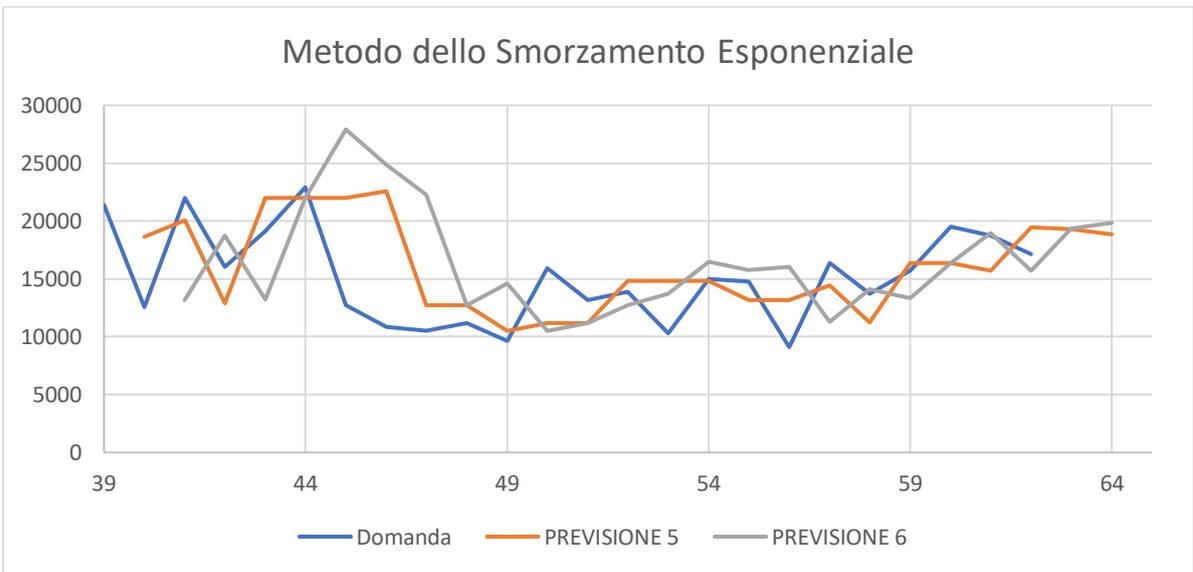


Grafico 4.3

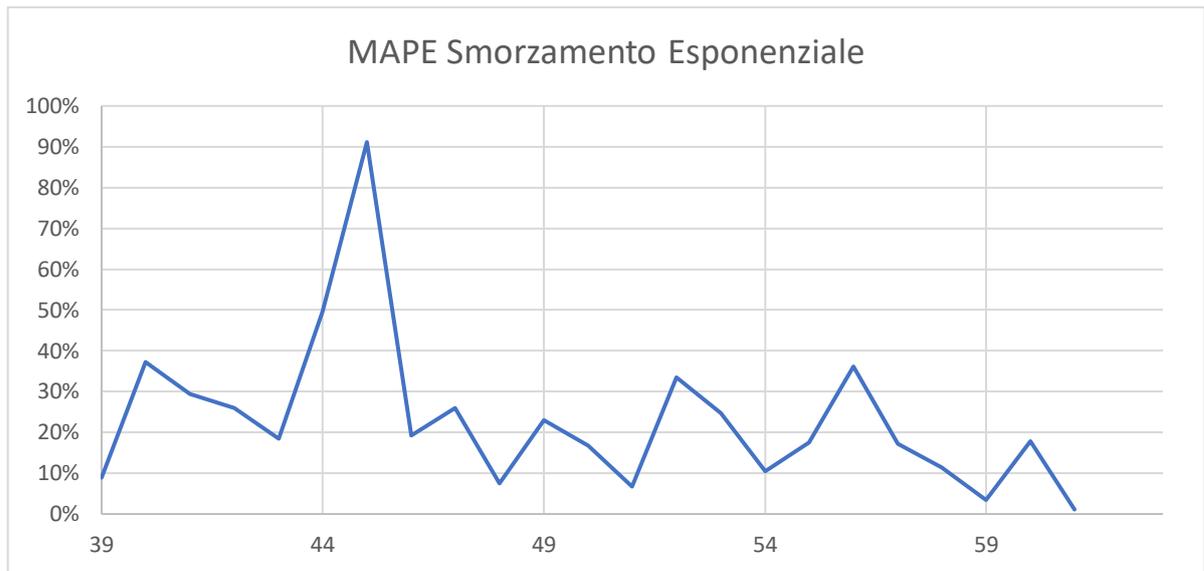


Grafico 4.4

4.1.2 Sperimentazione effettuata considerando le prime 10 settimane

Per analizzare come si comportano i metodi aumentando i dati dello storico sono stati presi in esame i dati delle dieci settimane precedenti ai periodi a cui verranno applicate le tecniche di previsione.

Anche in questo caso, vi sono metodi che permettono di ottenere risultati più vicini alla realtà, come il metodo di Holt rappresentato nella figura 4.5, ed altri che invece tendono ad una sovrastima o sottostima, come il metodo della Media Mobile Semplice descritto in figura 4.7. Tuttavia, va ribadito il particolare contesto applicativo preso in esame in questo lavoro di tesi, in cui le serie storiche possono essere anche notevolmente irregolari.

In questa sperimentazione è possibile notare come i metodi utilizzati non permettano di prevedere adeguatamente i periodi successivi alla prima settimana prevista. Infatti, come è evidenziato nei grafici dalla linea grigia, si tende a sovrastimare o sottostimare la domanda effettiva.

Seguendo il procedimento svolto per il caso di quattro settimane, è stata svolta l'analisi MAPE che ha permesso di descrivere l'esattezza dei metodi utilizzati.

Dai grafici 4.4 e 4.5 è possibile constatare la presenza di periodi in cui il MAPE superi il 30%, che sta ad indicare la difficoltà di queste tecniche nel gestire le possibili anomalie che possono verificarsi in un contesto emergenziale. In particolare, i metodi che presentano un MAPE medio sono: il metodo di HOLT, in cui il massimo valore raggiunto dal MAPE è del 70% ma mediamente presenta un valore attorno al 28%, mentre il metodo della Media Mobile Ponderata, il massimo valore del MAPE è intorno al 70% con un valore medio del 29%.

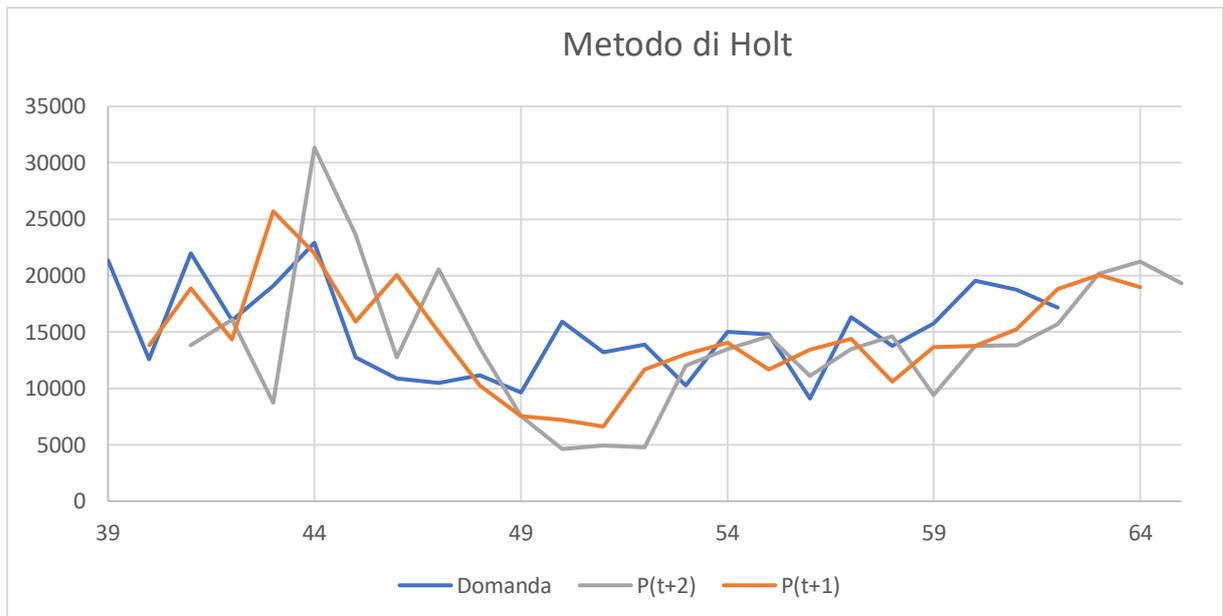


Grafico 4.5

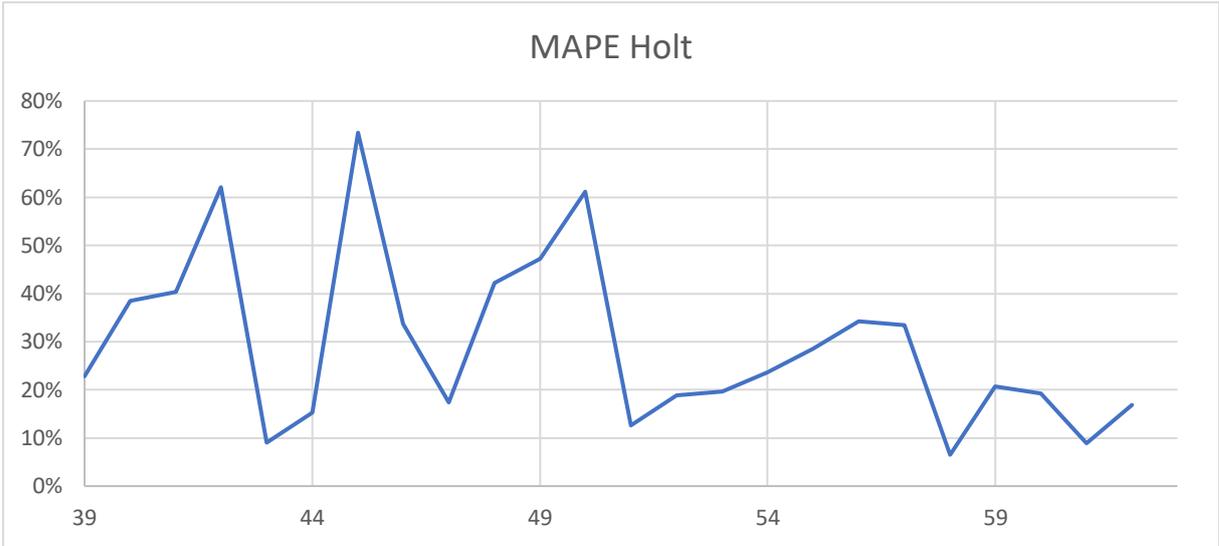


Grafico 4.6

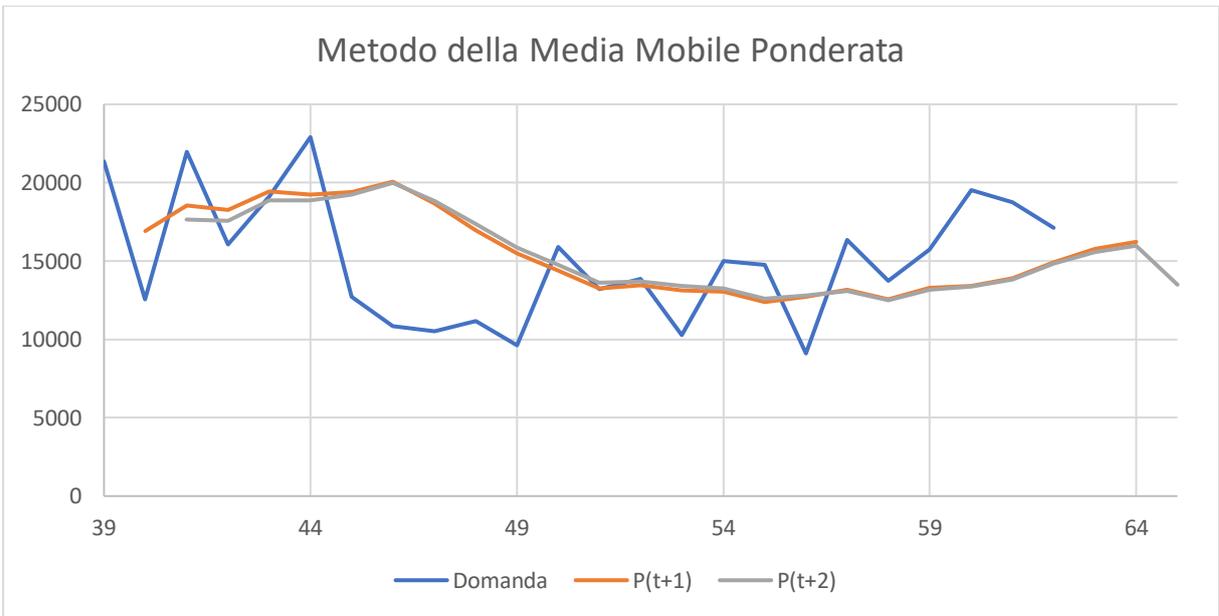


Grafico 4.7

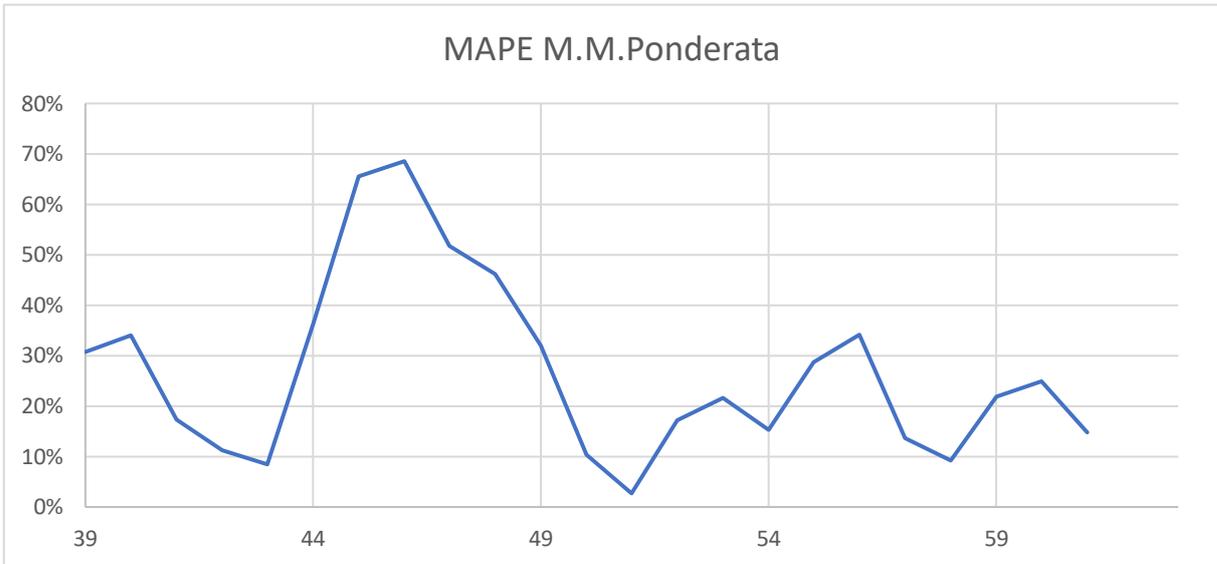


Grafico 4.8

4.1.3 Sperimentazione modello di Wagner e Whithin per la gestione delle scorte

Per la gestione delle scorte, in particolare il modello matematico di Wagner e Whithin trattato nello studio, è stato descritto tramite file.mod e file.dat, avendo scelto come linguaggio di modellazione algebrica “AMPL”. Il solver utilizzato è CPLEX.

```

set tempo;
set vincolo;
param domanda{tempo};
param costo_riordino>=0;
param costo_stoccaggio>=0;

var q{tempo}>=0;
var I{tempo}>=0;
var y{tempo} binary;

minimize costo_totale: sum{t in tempo} (costo_riordino*y[t] +
costo_stoccaggio*I[t]);

subject to Inventario{t in tempo: t >= 1}: I[t] =I[t-1] + q[t]-domanda[t];
subject to quantita{t in tempo: t >= 1}: q[t] <= y[t] * sum{r in vincolo}
domanda[r];
subject to Inventario_iniziale{t in tempo: t == 0}: I[t]=domanda[0];

```

File.mod

L'implementazione del file.mod consiste nella scrittura del problema utilizzando termini e funzioni adatti al linguaggio AMPL. Nel caso del problema studiato la funzione obiettivo, denominata "costo_totale", si preoccupa di ottenere il minimo costo, costituito dal costo di riordino per ogni ordine evaso e costo di stoccaggio per la quantità presente nell'inventario al periodo t .

Il valore ottimo della funzione obiettivo è possibile ottenerlo rispettando i vincoli, che in questo caso sono indicati dai termini: Inventario, quantità e Inventario iniziale.

Il vincolo denominato "Inventario" si preoccupa di definire che il valore dell'inventario al periodo t sia pari al valore dell'inventario nel periodo precedente ($t-1$) sommato alla quantità evasa nel periodo t , meno il valore della domanda nello stesso periodo.

Il secondo vincolo, chiamato "quantità", richiede che la quantità evasa al periodo t sia nulla se in quel periodo non viene emesso l'ordine e comunque non può assumere un valore maggiore della quantità domandata in quello stesso periodo.

Infine, il terzo vincolo, indicato dal termine "Inventario_iniziale", esprime il valore iniziale del magazzino.

Per la risoluzione di questo modello sono stati utilizzati i dati delle ultime 25 settimane ottenuti tramite le tecniche di previsione, mentre per l'inventario iniziale, costo di riordino e costo di stoccaggio, sono stati utilizzati dei valori approssimativi che mirano a simulare, per quanto possibile, la realtà.

Dati previsionali e parametri del problema

param costo_riordino:= 200; param costo_stoccaggio:= 0.005;			
0	15000	13	11650,42
1	13849,75	14	13002,2
2	18845,47	15	14062,19
3	14308,13	16	11662,94
4	25694,96	17	13447,06
5	21969,23	18	14388,48
6	15976,49	19	10592,33
7	20024,46	20	13643,92
8	15000,6	21	13783,39
9	10276,86	22	15228,67
10	7542,595	23	18790,76
11	7176,04	24	20026,95
12	6615,157	25	18984,25

Per questo caso di studio, AMPL restituisce una soluzione ottima, mostrata nella tabella successiva, descritta mediante: la quantità evasa, rappresentata dalla colonna “q”, il valore dell’inventario presente, visibile nella colonna “I”, e se l’ordine viene evaso o meno, illustrato nella colonna “y”.

Risultato del modello di Wagner e Whithin

Costo totale= 3261			
	q	I	y
0	0	15000	0
1	0	1150	0
2	32003	14308	1
3	0	0	0
4	63640	37945	1
5	0	15976	0
6	0	0	0
7	45302	25277.5	1
8	0	10277	0
9	0	0	0
10	21334	13791	1
11	0	6615	0
12	0	0	0
13	24652	13002	1
14	0	0	0
15	25725	11663	1
16	0	0	0
17	38428	24981	1
18	0	10592	0
19	0	0	0
20	27427	13783	1
21	0	0	0
22	34019	18790	1
23	0	0	0
24	39011	18984	1
25	0	0	0

Dal risultato del modello, rappresentato in tabella, è possibile comprendere grazie alla variabile binaria y i periodi in cui viene evaso l'ordine, in corrispondenza del valore 1, mentre dalla variabile q viene descritta la quantità evasa in quel periodo. Nella colonna I , che rappresenta il valore dell'inventario al periodo t , si può notare come: in presenza di un inventario iniziale non nullo, il modello si impegna a far coincidere l'evasione dell'ordine con una diminuzione del livello di inventario e, non appena quest'ultimo raggiunge un valore pari a 0, viene effettuato un ordine che è in grado di soddisfare la domanda di almeno due periodi successivi.

Successivamente, non avendo a disposizione il valore esatto delle scorte iniziali, è stata svolta un'analisi di sensitività che mira a calcolare le variazioni della funzione obiettivo, e quindi la minimizzazione del costo totale, in funzione del livello di inventario iniziale.

Inventario	0	5000	10000	15000	20000
Costo Totale	3341	3366	3391	3261	3310

Come è possibile notare dalla tabella: il valore dell'inventario iniziale che presenta il minimo costo totale è 15000, mentre quello con il costo più elevato è 10000. La differenza che vi è fra questi valori è la gestione della quantità degli ordini evasi e il corrispettivo valore dell'inventario che si genera successivamente all'evasione. Infatti, essendo il costo totale composto dalla somma della quantità ordinata e il valore del livello di magazzino, svolgendo la somma di tutti gli inventari, dal primo al venticinquesimo periodo, risulta più elevato nel caso in cui vi sia un livello iniziale di scorte pari a 10000 piuttosto che quello in cui è uguale a 15000, generando così un aumento del costo totale.

Nelle tabelle, rappresentative il risultato di AMPL con i valori di inventario iniziale pari a 0 e 10000, è possibile visionare come il modello di Wagner e Whithin si adatta alla gestione della quantità domandata in funzione del valore iniziale del magazzino. Infatti, nei primi periodi, si presentano valori diversi in quanto si parte da un livello di inventario iniziale differente. Successivamente, però, dal periodo sei gli ordini evasi ed il livello di inventario vengono gestiti con la stessa modalità, nonostante il valore di partenza del magazzino diverso.

Risultati del modello di Wagner e Whithin con differente livello di inventario iniziale

Costo totale=3391			
	q	l	y
0	0	10000	0
1	22695	18845	1
2	0	0	0
3	50003	25695	1
4	0	0	0
5	37945	15976	1
6	0	0	0
7	45301	25277	1
8	0	10276	0
9	0	0	0
10	21333	13791	1
11	0	6615	0
12	0	0	0
13	24652	13002	1
14	0	0	0
15	25725	11662	1
16	0	0	0
17	38427	24980	1
18	0	10592	0
19	0	0	0
20	27427	13783	1
21	0	0	0
22	34019	18790	1
23	0	0	0
24	39011	18984	1
25	0	0	0

Scorte iniziali: 10000

Costo totale= 3341			
	q	l	y
0	0	0	0
1	32695.2	18845	1
2	0	0	0
3	40003	25695	1
4	0	0	1
5	37945	15976	0
6	0	0	0
7	45302	25277.5	1
8	0	10277	0
9	0	0	0
10	21334	13791	1
11	0	6615	0
12	0	0	0
13	24652	13002	1
14	0	0	0
15	25725	11663	1
16	0	0	0
17	38428	24981	1
18	0	10592	0
19	0	0	0
20	27427	13783	1
21	0	0	0
22	34019	18790	1
23	0	0	0
24	39011	18984	1
25	0	0	0

Scorte iniziali: 0

Capitolo 5

5.1 Conclusioni

Con questo studio si è voluto offrire al lettore una panoramica generale riguardo le tecniche previsionali ed i modelli per la gestione delle scorte in situazioni emergenziali come quella pandemica attuale.

Come sottolineato nella trattazione, le tematiche riguardanti la previsione e le scorte rientrano nell'ambito della logistica emergenziale. Proprio in quest'ottica le tecniche trattate, pur mantenendo quei limiti appartenenti alla loro natura, permettono, in relazione all'ottenimento di una soluzione che non rappresenta la realtà effettiva del problema preso in esame, di avere un risultato accettabile nonostante la variabilità della serie storica, oggetto del presente studio, ha limitato la corretta esecuzione dei metodi presi in esame.

Modelli e tecniche, come quelle analizzate nel trattato, possono essere applicate anche ad altri contesti diversi da quelli della logistica emergenziale, come ad esempio in ambito industriale, dove la serie storica che descrive la domanda tende a presentare meno anomalie rispetto al campo emergenziale.

Le tecniche di previsione e di gestione delle scorte ricoprono un ruolo fondamentale per la realizzazione di una logistica, emergenziale o meno, utile alla programmazione di un'organizzazione appropriata che permetta di contrastare le problematiche che possono presentarsi nel corso del tempo.

Eventuali sviluppi futuri potrebbero riguardare l'applicazione di altri metodi previsionali e la formulazione di altri modelli matematici di gestione delle scorte che possano meglio tenere in conto tutti gli aspetti peculiari della logistica emergenziale.

Bibliografia

- (1) G. Ghiani, G. Laporte, R. Musmanno (2012). Introduzione alla Gestione dei sistemi logistici.
- (2) Sheu, J. B. (2007). Challenges of emergency logistics management.
- (3) Channouf, N., L'Ecuyer, P., Ingolfsson, A., & Avramidis, A. N. (2007). The application of forecasting techniques to modeling emergency medical system calls in Calgary, Alberta. *Health care management science*, 10(1), 25-45.
- (4) Basu, S., Roy, S., & DasBit, S. (2018). A post-disaster demand forecasting system using principal component regression analysis and case-based reasoning over smartphone-based DTN. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 66(2), 224-239.
- (5) Abedrabboh, K., Pilz, M., Al-Fagih, Z., Al-Fagih, O. S., Nebel, J. C., & Al-Fagih, L. (2021). Game theory to enhance stock management of Personal Protective Equipment (PPE) during the COVID-19 outbreak. *PLoS One*, 16(2), e0246110.
- (6) Kumar, A., Latif, Y. L., & Daver, F. (2012, November). Developing forecasting tool for humanitarian relief organizations in emergency logistics planning. In *Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology* (No. 71, p. 1687). World Academy of Science, Engineering and Technology (WASET).
- (7) Zhang, X., & Sun, C. (2020). Construction of Emergency Logistics Coping with the COVID-19. *Academic Journal of Business & Management*, 2(7).