



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

**FACOLTA' DI SCIENZE STATISTICHE
CORSO DI LAUREA IN STATISTICA E TECNOLOGIE
INFORMATICHE**

RELAZIONE FINALE

**Previsione della domanda e ottimizzazione delle scorte
di magazzino della CAME s.p.a.**

Relatrice: Prof. Carla De Francesco

Laureando: Matteo Pivato

ANNO ACCADEMICO 2006-2007

4.4. LA SCORTA DI SICUREZZA	p. 46
4.5. LIVELLO DI SERVIZIO	p. 47
4.6. IL TEMPO DI APPROVVIGIONAMENTO	p. 49
4.7. OBIETTIVI DI GESTIONE DELLE SCORTE	p. 50
4.8. PRICIPALI PROBLEMI DI GESTIONE DELLE SCORTE	p. 52
4.9. COSTI	p. 54
CAPITOLO 5: MODELLO DI GESTIONE DELLE SCORTE DELLA CAME	
CANCELLI AUTOMATICI S.P.A.	p. 56
5.1. ARTICOLO_1	p. 60
5.2. ARTICOLO_2	p. 73
CONCLUSIONE	p. 78
RINGRAZIAMENTI	p. 80
BIBLIOGRAFIA	p. 81

INTRODUZIONE

Il definitivo riconoscimento dell'importanza, nella gestione aziendale, delle problematiche rientranti nell'oggetto di studio della logistica (ad esempio, l'approvvigionamento di materie prime, la movimentazione dei materiali, la distribuzione fisica dei prodotti, etc.), ha determinato un notevole approfondimento sulla gestione delle scorte dell'impresa. In particolare, si è sempre più prestato attenzione alla ricerca ed alla sperimentazione di tecniche e di modelli di gestione delle scorte che consentano di ottimizzare il binomio redditività-liquidità.

Il mio studio è infatti atto a creare un modello di gestione delle scorte che permetta di minimizzare i costi in relazione a determinati fattori e vincoli imposti dal sistema vigente nell'azienda della Came Cancelli Automatici S.P.A.

La prima cosa da dire è che la scelta di affrontare questo problema di gestione delle scorte è nata dall'interessamento degli argomenti trattati nei corsi di "modelli di ottimizzazione" e "ottimizzazioni su reti" ma anche dallo stimolo di ampliare le mie conoscenze di fronte ad un ambito aziendale che negli ultimi decenni sta diventando la chiave di lettura delle più grandi strategie d'impresa. Basti pensare come la variazione delle scorte vada ad influire sui costi e sugli oneri finanziari di un'impresa determinandone successi e relativi profitti.

Questo lavoro ha come scopo costruire un buon modello di ottimizzazione delle scorte di magazzino degli articoli presi in considerazione, sulla base della domanda prevista, per l'anno 2007. Tale modello sarà utilizzato dall'azienda per poter gestire il proprio magazzino sapendo con largo anticipo quanto e quando ordinare per far fronte alle richieste dei clienti.

Per poter compiere questo lavoro ho dovuto in primo luogo ottenere delle buone previsioni della domanda di mercato e, in merito, ho analizzato le serie storiche di due articoli dell'azienda. Infatti l'analisi delle serie storiche riveste un ruolo di primaria importanza nell'ambito delle metodologie statistiche in quanto ha come

oggetto lo studio dell'evoluzione temporale di fenomeni dinamici, quali i fenomeni socio-economici.

Il lavoro di analisi di una serie storica è nato dall'esigenza di dover disporre di previsioni puntuali e soprattutto realistiche della domanda degli articoli dell'azienda, per poterle sfruttare al meglio nella costruzione di un modello di gestione delle scorte. Trovare il processo generatore della serie storica significa ottenere delle ottime previsioni e di conseguenza permettere al gestore di costruire un modello di gestione delle scorte altamente utile all'azienda per poter prendere le proprie decisioni nel miglior modo possibile.

Nel primo capitolo ho presentato la storia dell'azienda ed il suo funzionamento soffermandomi sulla descrizione delle principali aree che la compongono.

Nel secondo capitolo darò una definizione di serie storica, presentando i principali obiettivi relativi alla sua analisi. Inoltre, ho cercato di presentare le fasi più importanti da compiere per l'analisi di una serie storica, senza soffermarmi molto sull'aspetto teorico, illustrandole comunque in modo soddisfacente e comprensibile. Premetto che per comprendere il contenuto di questo capitolo, il lettore deve disporre di alcune nozioni di base riguardo all'inferenza statistica ed al calcolo delle probabilità.

Nel terzo capitolo ho applicato quanto descritto nel precedente in merito alle serie storiche di 2 articoli dell'azienda al fine di ottenere delle previsioni per l'anno 2007. Durante lo stage, il mio lavoro si è basato sull'analisi di 14 articoli dell'azienda, ma per non appesantire la tesi e renderla ripetitiva, ho deciso di prendere in considerazione i 2 articoli, tra questi, che presentassero una buona movimentazione ed uno storico ragguardevole.

Nel quarto capitolo ho illustrato come è strutturato il magazzino dell'azienda, fornendo una definizione della scorta di magazzino con annesse funzioni e problematiche.

Nel quinto capitolo, da un'attenta analisi della situazione aziendale affrontata, ho descritto i dati di cui disporre e i vincoli da rispettare per poter costruire un modello di gestione delle scorte il più realistico possibile. Inoltre, ho presentato passo per

passo le fasi fondamentali per la costruzione di un piano di ottimizzazione delle scorte di magazzino per ciascuno dei 2 articoli considerati.

1. CAME CANCELLI AUTOMATICI S.P.A.

“Le carte vincenti di CAME sono rappresentate dal nostro lavoro quotidiano, in altre parole una gamma completa di prodotti, un servizio capillare, l’investimento costante per innovare e soddisfare le richieste del mercato.”

(Il Presidente)

1.1. STORIA

Nel 1972 nasce la CM Costruzioni Meccaniche, un’impresa individuale che installa cancelli residenziali nella provincia di Treviso. Dalla richiesta degli utenti di automatizzare i cancelli, nel 1974 la CM si trasforma in CAME, costruzioni automatismi meccanico-elettrici, che realizza le sue prime automazioni sul posto e le adatta artigianalmente alle strutture già esistenti. Nel 1976 viene attuato un cambiamento giuridico, l’azienda diviene una società a nome collettivo ed è composta da tre soci; si realizzano i primi prototipi e le prime serie di produzione (dieci pezzi). Lo sviluppo dell’azienda vive un’accelerazione incalzante se si pensa che, nella prima metà degli anni Ottanta, la società da s.r.l. diventa s.p.a. con 50 dipendenti. In questi anni, inoltre, si avvia l’organizzazione della rete commerciale con la costituzione dei concessionari.

Dopo un ventennio di attività, CAME inaugura quella che oggi è la sede attuale su un’area di 17.500 mq, produce 25 miliardi di Lire di fatturato, conta 60 dipendenti e, oltre a garantire la copertura nazionale con i concessionari, apre la prima filiale estera a Parigi.

Entro il 1996, vengono create altre cinque filiali a Napoli, Marsiglia, Madrid, Stoccarda e Birmingham.

Nel 2000, CAME cambia nuovamente forma giuridica trasformandosi in una holding (FIN. MEN.), la quale possiede e gestisce partecipazioni su trenta aziende industriali, commerciali e immobiliari.

Oggi, il centro direzionale si trova a Dosson di Casier, in provincia di Treviso, su una superficie di 6800 mq ed è circondato dalle fabbriche di produzione che coprono 24.000 mq dove lavorano 130 dipendenti. Altre aziende di produzione si trovano ad Avignone, Chabris con una produzione complessiva di 1.000.000 di pezzi all'anno.

La copertura commerciale è garantita in tutta Europa, mentre negli altri continenti i concessionari risiedono in città strategiche ed economicamente importanti.

Con 115 milioni di Euro di fatturato CAME Cancelli Automatici contribuisce al 75 per cento del fatturato totale del gruppo FIN. MEN..

1.2. PRODUZIONE

CAME è la prima azienda europea produttrice di automazioni elettromeccaniche per porte e cancelli. La gamma di prodotti comprende:

- Automazioni per cancelli scorrevoli;
- Automazioni per cancelli a battente;
- Automazioni per porte basculanti e sezionali;
- Automazioni per serrande e portoni industriali;
- Parcheggi e barriere automatiche;
- Porte automatiche pedonali;
- Accessori di comando e sicurezza;
- Sistemi di gestione e controllo accessi.

L'idea di un nuovo prodotto nasce dalle problematiche e dalle proposte degli intermediari del mercato che comunicano direttamente con l'area commerciale. Vengono così stabiliti gli obiettivi e tracciati i primi disegni dalla direzione tecnica. Il progetto tecnico e di design deve, comunque, essere analizzato dalla direzione generale e, se viene approvato, viene realizzato il primo prototipo. Una volta testato,

ne viene prodotta una serie limitata, mentre, contemporaneamente, viene lanciata la campagna pubblicitaria.

Tecnici esperti e fidati installano la serie limitata del nuovo motore, in realtà esterne ai laboratori di collaudo, e hanno l'incarico di segnalare eventuali difetti o problemi che si possono verificare. Una volta che il manufatto è stato perfezionato comincia la sua produzione in serie.

Ogni operatore è composto di una parte meccanica e una elettrica: i fornitori di materie meccaniche consegnano i pezzi al magazzino semilavorati dove vengono collaudati uno per uno. In relazione ad una "distintabase", il materiale semilavorato viene, quindi montato da un terzista certificato CAME che riconsegnerà poi il lavoro finito alla casa madre. Infine, valutata l'integrità della confezione, il prodotto è pronto per essere venduto. Le parti elettriche sono sottoposte allo stesso processo.

Nella confezione le due componenti rimangono separate perché il loro assemblaggio viene eseguito dall'installatore. Tale soluzione diminuisce i costi di produzione e, per di più, permette maggiore flessibilità nell'installazione, poiché le parti elettroniche, essendo semplici o complesse, possono essere applicate a motori di bassa o alta potenza.

1.3. QUALITA'

L'immagine che fin dall'inizio l'azienda ha voluto trasmettere alla propria clientela è quella di una realtà dinamica, che punta e investe sulla ricerca di continuo miglioramento tecnologico. E' nato a tale scopo uno staff di ingegneri con il compito di studiare i singoli prodotti, di testarne la robustezza e la qualità e di lavorare alla progettazione di nuove idee. Puntare sull'essere all'avanguardia in campo tecnologico non deve, tuttavia, togliere attenzione al fattore sicurezza. CAME ha allora pensato di sottoporre i propri prodotti a test specifici, che comprovassero la robustezza dei materiali e il corretto funzionamento del prodotto finito. Nei laboratori vengono effettuati sette tipi di test: collaudo e funzionamento, metodo e sistema,

prodotto finito e accessori, certificazioni e ambientazioni, palestra di formazione tecnica, componenti e produzione, interferenze elettromagnetiche.

Inoltre, l'azienda ha ritenuto importante rendere noto alla clientela quanto avveniva nei propri laboratori: si è ideato un depliant col quale vengono resi noti sia i singoli test, sia tutti i mezzi di informazione, quali la documentazione dell'azienda (CD, videocassette, libretti test, rivista interna) e la pubblicità su riviste specializzate e non, allo scopo di permettere alla clientela (nella fattispecie gli installatori) di essere messi a conoscenza dei sistemi di sicurezza e di monitoraggio adottati dall'azienda.

In linea con la volontà di trasmettere, attraverso i propri prodotti, l'immagine di una realtà attenta all'aspetto qualitativo e alla preparazione tecnica dei propri operatori ci sono, rispettivamente, le certificazioni aziendali e i corsi di formazione professionale. In riferimento alla qualità, CAME opera secondo un sistema di qualità aziendale supportato dall'apposito Servizio interno di Assicurazione Qualità. La validità delle procedure adottate le ha consentito di ottenere dall'organismo TUV CERT la certificazione del sistema in conformità alle Norme Europee UNI EN 12604, 12445 e 12978.

1.4. DISTRIBUZIONE

Il canale di distribuzione dei prodotti prevede una serie di passaggi, determinati dalla natura del prodotto, il comportamento dei concorrenti e il grado di controllo che si vuole esercitare sul canale.

In questo caso, prima di arrivare all'utente finale, il prodotto passa attraverso due o tre intermediari, in base al consumo a cui è destinato il prodotto: precisamente, il concessionario fornisce sia l'installatore autorizzato sia il grossista di materiale elettrico. Il primo lavora per utenti collettivi (ad esempio ospedali, parcheggi o condomini), mentre il secondo si rivolge agli elettricisti che operano direttamente con i singoli utenti (il privato, il negozio o un'azienda).

I concessionari dell'Italia settentrionale e centrale sono serviti direttamente dalla sede principale di Treviso, mentre tutti gli altri fanno riferimento alle filiali più vicine a loro.

1.5. MARKETING E PROMOZIONE

L'importanza data da CAME all'instaurarsi di un rapporto di fiducia e di fedeltà con la propria clientela d'installatori la porta ad investire molto sull'attività di marketing, allo scopo di mettere insieme tutte quelle conoscenze necessarie a sostenere l'offerta.

L'azienda punta principalmente a comunicare alla persona potenzialmente interessata che è in grado di soddisfare i suoi bisogni. Per comunicare all'esterno la propria immagine i principali metodi utilizzati sono la pubblicità, nelle sue molteplici manifestazioni, le fiere ed il direct marketing.

Per qualsiasi azienda la pubblicità comincia col proprio marchio: CAME fornisce gli esecutivi e le relative indicazioni di colore delle principali applicazioni del marchio secondo i servizi offerti, in modo tale da facilitare le operazioni grafiche spesso costose e, nello stesso tempo, da uniformare l'immagine del suo team distributivo.

Assieme alle insegne da esterno, anche la modulistica costituisce uno strumento di comunicazione particolarmente importante, perché contribuisce a rafforzare l'immagine dell'azienda senza nulla togliere all'individualità di ciascun operatore.

L'azienda cerca di curare anche le forme minori di pubblicità, quali adesivi e vetrofanie, che rappresentano il primissimo impatto con il pubblico; sono di varie tipologie e dimensioni e sono destinate ai veicoli (anche quelli aziendali) e alle vetrine.

Per quanto riguarda le affissioni, sulla cartellonistica si punta poco, a causa dei costi troppo elevati, mentre si prediligono forme più dirette di presenza pubblicitaria

nell'ambiente cittadino, come, per esempio, l'affissione comunale per una quindicina di giorni concomitanti ad una fiera.

Un altro mezzo di comunicazione impiegato è, naturalmente, la stampa specializzata e non.

Organizzate per gli addetti ai lavori sono, invece, le fiere sia nazionali che internazionali. Oltre a queste, CAME porta avanti un'ulteriore iniziativa, finalizzata al rafforzamento della collaborazione con gli operatori del settore: la rivista "Aprire Insieme", dove si sviluppano sia argomenti più specificatamente tecnici, sia tematiche generali (attualità); al suo interno, infine, si trova una rubrica, "Contatto Diretto", in cui un esperto CAME suggerisce all'operatore come affrontare e risolvere problemi specifici.

In ogni caso, la strategia di marketing più importante rimane il direct marketing, cioè una comunicazione commerciale rivolta specificatamente ad una categoria selezionata, di cui sono state valutate a priori le caratteristiche, le esigenze e le necessità. Gli strumenti utilizzati (che interessano esclusivamente gli aspetti commerciali e promozionali connessi al prodotto, non influenzando in alcun modo sulle politiche di prezzo o sulle logiche distributive) sono la pubblicità mirata il cui obiettivo è influire sul comportamento dell'interlocutore spingendolo all'azione (pubblicità su riviste con allegato un coupon da compilare per iscriversi ai corsi); il direct mail che comprende, ad esempio, l'invito a partecipare a dei corsi o ad una fiera, l'informazione riguardo ad una determinata promozione o all'esistenza di un nuovo prodotto ed altro ancora. Il telemarketing e il sito internet sono gli altri due strumenti usati per il direct marketing.

L'efficacia di questi strumenti risiede nella loro interazione, nella capacità, cioè, di colpire in modo diverso un determinato target che presenta caratteristiche molto eterogenee.

1.6. GESTIONE DEL PERSONALE

In questa sede, si considerano tre elementi fondamentali della gestione del personale: la selezione, la formazione e la valutazione dei dipendenti.

Per quanto riguarda la selezione, il processo è molto semplice: il curriculum, presentato dal candidato per posta cartacea o elettronica, viene archiviato, in base alle funzioni per le quali la persona può essere assunta. Solamente nel momento in cui sia necessario creare un nuovo posto di lavoro, i curricula vengono esaminati e si compie un primo screening in base alle caratteristiche che emergono dalla carriera e che si ritengono necessarie per lo svolgimento del lavoro.

La direzione intervista i candidati per verificare se possiedono realmente le qualificazioni che hanno descritto nel curriculum e assume tra loro chi ha superato brillantemente la prova.

Il nuovo dipendente assunto, dopo una prima formazione in merito alla gestione della qualità, viene affiancato da una persona esperta che gli insegnerà i compiti e le caratteristiche del suo ruolo; questo tipo di formazione sul posto di lavoro può durare un mese o un anno, a seconda delle difficoltà e delle complessità intrinseche alle mansioni da svolgere.

La formazione ai neoassunti si estende, poi, a tutti i dipendenti per quanto concerne tutti i corsi sulla sicurezza, le normative ecologiche e ambientali, sui comportamenti corretti da tenere sul posto di lavoro.

E' impegnata periodicamente con la formazione tecnica per gli operatori esterni e con quella alla vendita per i concessionari e i loro collaboratori.

I corsi sono gestiti da dipendenti CAME, specialisti del settore che hanno acquisito conoscenze sia con l'esperienza, sia frequentando corsi specifici sull'argomento; oltre a loro, delle agenzie esterne collaborano al piano di formazione in base alle esigenze e alla cultura presente nei diversi paesi. Infatti, la sede di Treviso si occupa degli operatori e dei concessionari dell'Italia settentrionale, mentre le filiali, italiane ed estere, gestiscono le persone del loro territorio.

Per concludere, ogni sei mesi, tutto l'organico è soggetto ad una valutazione: il responsabile delle risorse umane controlla assieme ad i responsabili di funzione il raggiungimento degli obiettivi concordati all'inizio dell'anno per incentivare il personale.

2. ANALISI DELLE SERIE STORICHE

2.1. DEFINIZIONE DI SERIE STORICA

Per serie statistica si intende un insieme di dati ordinati secondo un criterio qualitativo. Quando il criterio ordinatore dei dati è il tempo, inteso come progressione cronologica, si ha una serie storica. Possiamo pertanto definire serie storica una successione di dati numerici nella quale ogni dato è associato ad un particolare istante o intervallo temporale.

Se in ciascun punto o intervallo del tempo viene osservato un solo fenomeno, la serie che ne deriva viene detta univariata. Se invece le variabili osservate sono più d'una, si ha una serie storica multivariata, detta anche serie storica multipla. In questa tesi considereremo solamente serie storiche univariate.

Una serie storica $\{x_t, t = 1, 2, \dots, n\}$ deriva da un fenomeno X_t che si osserva rispetto al tempo t per finalità molto diverse: curiosità scientifica, previsione, analisi strutturale, controllo, simulazione, relazione con altri fenomeni e così via. Ciò che caratterizza lo studio delle osservazioni temporali è il fatto che la conoscenza di quanto è avvenuto determina ciò che avverrà, secondo un principio generale di inerzia e di stabilità delle leggi che conosciamo e sul quale si basa, a ben vedere, la nostra vita quotidiana: dalle decisioni inconscie e regolari a quelle importanti e occasionali. In una serie storica, infatti, è lecito presumere che vi sia dipendenza tra osservazioni successive e che essa sia legata alla posizione dell'osservazione nella sequenza.

Lo studio e la modellazione di tale dipendenza, e la conseguente possibilità di sfruttarla a fini previsivi, rappresentano il cuore dell'analisi delle serie storiche.

2.2. OBIETTIVI DELL'ANALISI DELLE SERIE STORICHE

L'analisi statistica di una serie storica si propone di chiarire il meccanismo casuale che l'ha generata, o per dare una descrizione succinta delle caratteristiche della serie,

oppure per prevedere l'evoluzione del fenomeno osservato, di cui è nota la storia passata. Volendo schematizzare, possiamo attribuire all'analisi delle serie storiche i seguenti obiettivi:

- Descrizione: il primo obiettivo è dato dalla descrizione sintetica dell'andamento del fenomeno. Uno strumento adatto allo scopo è senza dubbio il grafico della serie rispetto al tempo, ossia il grafico dei punti $(t, x_t), t = 1, 2, \dots, n$;
- Spiegazione: un altro obiettivo dell'analisi delle serie storiche è dato dalla spiegazione del fenomeno. Si intende, cioè, individuare il meccanismo generatore della serie e, eventualmente, le relazioni che legano la variabile sotto studio ad altri fenomeni;
- Previsione: nell'analisi delle serie temporali assume notevole importanza il problema della previsione, ossia dell'inferenza su valori futuri del fenomeno d'interesse in base alla sua storia passata;
- Filtraggio: spesso il ricercatore desidera usare i dati di una serie storica per stimare componenti non osservabili della serie stessa;
- Controllo: un altro obiettivo che è possibile perseguire con l'analisi delle serie storiche è il controllo di un processo produttivo.

Un giusto approccio è quello di tenere presente che il fenomeno osservato potrebbe rappresentare solo uno degli aspetti di una situazione più complessa.

Nel seguito di questa tesi ci limiteremo allo studio delle caratteristiche di una singola serie storica ed alla definizione del modello che si ritiene generi la particolare serie, riconoscendo tuttavia che tale modello può essere solo una parte o un'approssimazione di un sistema strutturale più ampio.

2.3. APPROCCIO CLASSICO E APPROCCIO MODERNO

Un modello stocastico abbastanza generale per descrivere il processo generatore dei dati di una serie storica $\{X_t\}_{t=1}^n$ è definito modello con errore e rappresenta x come:

$$X_t = f(t) + \varepsilon_t, \text{ con } t = 1, 2, \dots, n.$$

In tal caso, la serie X_t viene concepita come la risultante di una funzione esplicita (di natura matematica) della variabile t ed è considerata la componente deterministica, alla quale si aggiunge (o si moltiplica, se le variabili sono espresse tramite logaritmi) una componente aleatoria residua ε_t , che rappresenta la parte stocastica della serie.

Nel trattamento di tale modello, secondo l'approccio all'analisi delle serie storiche detto classico, si suppone che esista una "legge di evoluzione temporale" del fenomeno, rappresentata da $f(t)$. La componente casuale ε_t viene invece assunta a rappresentare l'insieme di circostanze che non si vogliono o non si possono considerare esplicitamente in X_t ; tali residui vengono, quindi, imputati al caso e assimilati ad errori accidentali. Statisticamente la componente stocastica del modello si ipotizza venga generata da un processo *white noise*. Per tale processo, sinteticamente indicato con la notazione $\varepsilon_t \sim WN(0, \sigma_\varepsilon^2)$, si ha:

$$\begin{aligned} E(\varepsilon_t) &= 0 & \forall t, \\ \text{Var}(\varepsilon_t) &= \sigma_\varepsilon^2 & \forall t, \\ E(\varepsilon_r \varepsilon_s) &= 0 & \forall r, s, \quad r \neq s \end{aligned}$$

Una successione di variabili casuali $\{u_t\}$ per cui si abbia $\text{Cov}[u_r, u_s] = 0, \forall r, s, r \neq s$, indipendentemente dal fatto che sia o meno assimilabile a un *white noise* viene detta

processo stocastico a componenti incorrelate. Viceversa, quando $Cov[u_r, u_s] \neq 0$ per qualche $r \neq s$, si ha un processo a componenti correlate. In sintesi, nell'approccio classico l'attenzione viene posta su $f(t)$, essendo ε_t considerato un processo a componenti incorrelate e dunque trascurabile. Invece nell'approccio moderno si ipotizza che $f(t)$ manchi o sia già stata eliminata. L'attenzione si sposta quindi sulla componente erratica u_t , che si ipotizza essere un processo a componenti correlate del tipo

$$u_t = g(X_{t-1}, X_{t-2}, \dots, \varepsilon_{t-1}, \varepsilon_{t-2}, \dots) + \varepsilon_t$$

che va trattato con opportune tecniche statistiche.

Nel corso di questa tesi faremo affidamento all'analisi delle serie storiche in relazione all'approccio moderno e utilizzeremo il software EWievs per questo scopo.

2.4. APPROCCIO MODERNO

L'approccio moderno o stocastico (contrapposto a quello classico o deterministico) si basa sul concetto mutuato dal calcolo delle probabilità di processo stocastico.

Definiamo il processo stocastico come una famiglia (o successione) di variabili aleatorie $X_t(\Omega)$ definite sullo stesso spazio degli eventi Ω e ordinate secondo un parametro t (appartenente allo spazio parametrico T) che nell'analisi delle serie storiche è il tempo. In questo modo la serie storica può considerarsi come una realizzazione campionaria finita del processo stocastico. Utilizzeremo la notazione X_t per indicare il processo stocastico e la notazione x_t per riferirci ad una sua determinazione, ovvero ad una serie storica.

Del processo stocastico possono considerarsi alcuni indicatori di sintesi o valori caratteristici:

1. Media di X_t : $E(X_t) = \mu_t$ dove $t \in T$

2. Varianza di X_t : $E[X_t - E(X_t)]^2 = E[X_t - \mu_t]^2 = \sigma^2$ dove $t \in T$
3. Covarianza tra X_t e X_{t-k} : $Cov(X_t, X_{t-k}) = E[(X_t - \mu_t)(X_{t-k} - \mu_{t-k})] = \gamma(t, t-k)$ dove $t \in T, t-k \in T$
4. Correlazione tra X_t e X_{t-k} : $\frac{\gamma(t, t-k)}{\sqrt{\sigma_t^2 \sigma_{t-k}^2}} = \rho(t, t-k)$ dove $t \in T, t-k \in T$

Di solito si fa riferimento ad una particolare categoria di processi stocastici: quelli stazionari in senso debole (si trascura in tale contesto la stazionarietà in senso forte). Un processo si dice stazionario in senso debole:

- in media se $E(X_t) = \mu < \infty \quad \forall t \in T$ (ossia la media è costante ed è finita e non dipende dal parametro t)
- in varianza se $E(X_t - \mu)^2 = \sigma^2 < \infty \quad \forall t \in T$ (ossia la varianza è costante ed è finita e non dipende da t)
- in covarianza se $Cov(X_t, X_{t-k}) = E[(X_t - \mu)(X_{t-k} - \mu)] = \gamma(k) < \infty \quad \forall t \in T$ (ossia le covarianze sono finite e dipendono solo dal ritardo temporale k)

Se $k=0$ si ha che $\gamma(0) = \sigma^2$; la funzione $\{\gamma(k), k > 0\}$ è detta *funzione di autocovarianza* del processo stazionario.

Un processo è stazionario in senso debole se è stazionario in media, varianza e covarianza. In un processo stazionario anche la funzione di correlazione dipende solo dal lag temporale k , infatti:

$$\frac{\gamma(k)}{\sqrt{\sigma_t^2 \sigma_{t-k}^2}} = \frac{\gamma(k)}{\sqrt{\sigma^2 \sigma^2}} = \frac{\gamma(k)}{\gamma(0)} = \rho(k) = \rho_k$$

ρ_k , essendo un coefficiente di correlazione, varia tra -1 e 1 . Se $k = 0$ chiaramente $\rho_0 = 1$. La funzione $\{\rho(k), k > 0\}$ è detta *funzione di autocorrelazione* del processo stazionario.

Per poter applicare l'approccio moderno all'analisi delle serie storiche è necessario che queste vengano rese stazionarie eliminando il trend e la stagionalità. È sulla serie dei residui, quindi, che si dovrà operare, magari dopo aver applicato alcuni test di specificazione per verificare la omoschedasticità, ossia la stazionarietà in varianza.

Di un processo stocastico stazionario X_t si possono stimare i valori caratteristici con i dati delle n osservazioni della serie storica x_t :

1. media aritmetica temporale: $\hat{\mu} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n x_t$ che è uno stimatore corretto della media del processo stocastico;

2. varianza temporale: $\hat{\sigma}^2 = \hat{\gamma}(0) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (x_t - \hat{\mu})^2$;

3. autocovarianza: $\hat{\gamma}(k) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n-k} (x_t - \hat{\mu})(x_{t+k} - \hat{\mu})$;

4. autocorrelazione: $\hat{\rho}(k) = \frac{\hat{\gamma}(k)}{\hat{\gamma}(0)}$.

La correlazione $\rho(k)$ tra dati distanti k lag è influenzata dalle relazioni lineari con i dati intermedi. La funzione di autocorrelazione parziale P_k misura la correlazione tra x_t e x_{t+k} dopo che sia stata eliminata la parte "spiegabile linearmente" da $x_{t+1}, x_{t+2}, \dots, x_{t+k-1}$. È una misura dei legami lineari tra x_t e x_{t+k} depurata dall'influenza delle variabili che stanno in mezzo. La funzione di autocorrelazione parziale P_k è dunque pari alla correlazione condizionata:

$$P_k = \text{Corr}(Y_t, Y_{t-k} | Y_{t-1}, \dots, Y_{t-k+1}).$$

2.5. PROCESSI STOCASTICI

Presentiamo ora alcuni dei processi stocastici più comunemente utilizzati nell'analisi delle serie storiche.

1) Processo *White Noise* (WN):

si tratta di un processo $\{\varepsilon_t, t \in T\}$ che consiste di una sequenza di variabili aleatorie $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ con le seguenti caratteristiche:

- a) $E(\varepsilon_t) = 0 \quad \forall t \in T$;
- b) $\text{Var}(\varepsilon_t) = \sigma_\varepsilon^2 < \infty$ (omoschedasticità);
- c) $\text{Cov}(\varepsilon_t, \varepsilon_{t+k}) = 0 \quad \forall k \neq 0$ (assenza di autocorrelazione).

Se ε_t è distribuito “normalmente”, il processo è noto anche come *white noise* di tipo Gaussiano.

$$\varepsilon_t \sim \text{WN}(0, \sigma_\varepsilon^2)$$

2) Processo a Media Mobile $MA(q)$:

sia $\{\varepsilon_t\}$ un processo *white noise* di media zero e varianza σ_ε^2 . Un processo a media mobile di ordine q è definito come:

$$X_t = \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q},$$

con $\theta_j (j = 0, \dots, q)$ parametri costanti. Utilizzando l'operatore ritardo B , tale che $B^h X_t = X_{t-h}$, $h = 0, 1, 2, \dots, n$, e indicando con $\theta(B) = (1 - \theta_1 B - \dots - \theta_q B^q)$ l'operatore polinomiale a media mobile, un processo $MA(q)$ può essere descritto come:

$$X_t = \theta(B)\varepsilon_t.$$

La funzione di autocorrelazione globale tende ad annullarsi per $k > q$, mentre la funzione di autocorrelazione parziale non si annulla mai, ma tende a zero secondo comportamenti determinati dalla natura delle radici dell'equazione caratteristica associata al processo.

3) Processo Autoregressivo $AR(p)$:

sia $\{\varepsilon_t\}$ un processo *white noise* di media zero e varianza σ_ε^2 . Un processo autoregressivo di ordine p è definito come:

$$X_t = \phi_0 + \phi_1 X_{t-1} + \dots + \phi_p X_{t-p} + \varepsilon_t,$$

con $\phi_i (i = 0, \dots, p)$ parametri costanti. In modo analogo a quanto visto per il processo $MA(q)$, un processo $AR(p)$ può essere scritto come:

$$\phi(B)X_t = \phi_0 + \varepsilon_t.$$

La funzione di autocorrelazione globale non si annulla mai, ma tende a zero secondo comportamenti determinati dalla natura delle radici dell'equazione caratteristica associata al processo, mentre la funzione di autocorrelazione parziale tende ad annullarsi per $k > p$.

4) Processo Autoregressivo a Media Mobile $ARMA(p, q)$:

sia $\{\varepsilon_t\}$ un processo *white noise* di media zero e varianza σ_ε^2 . Un processo autoregressivo a media mobile di ordine (p, q) è definito come:

$$X_t - \sum_{i=1}^p \phi_i X_{t-i} = \phi_0 + \varepsilon_t - \sum_{j=1}^q \theta_j \varepsilon_{t-j}.$$

Ovviamente, quando $p=0$ si torna ad avere un $MA(q)$ e quando $q=0$ si ha un modello $AR(p)$. Anche in questo caso, come visto precedentemente, un processo $ARMA(p, q)$ può essere espresso in una forma più compatta utilizzando gli operatori polinomiali $\theta(B)$ e $\phi(B)$:

$$\phi(B)X_t = \phi_0 + \theta(B)\varepsilon_t.$$

L'interesse di unire un modello $AR(p)$ e un modello $MA(q)$ in un modello $ARMA(p, q)$ è nato dall'esigenza di descrivere una serie storica con il minor numero possibile di parametri, cosa non molto possibile utilizzando un processo autoregressivo o a media mobile.

5) Processo Autoregressivo Integrato a Media Mobile $ARIMA(p, d, q)$:

sia $\{\varepsilon_t\}$ un processo *white noise* di media zero e varianza σ_ε^2 . Indichiamo con Y_t la d -esima differenza di X_t , $Y_t = (1-B)^d X_t$. Per un processo $ARIMA(p, d, q)$ valgono le seguenti relazioni:

$$Y_t = (1-B)^d X_t,$$

$$Y_t = \phi_0 + \sum_{i=1}^p \phi_i Y_{t-i} + \varepsilon_t - \sum_{j=1}^q \theta_j \varepsilon_{t-j}.$$

Utilizzando l'operatore differenza ed i polinomi, rispettivamente, autoregressivo ed a media mobile, un processo $ARIMA(p, d, q)$ può essere scritto come:

$$\phi(B)(1-B)^d X_t = \phi_o + \theta(B)\varepsilon_t.$$

6) Processo stagionale $ARIMA(p, d, q) \times (P, D, Q)_s$:

sia $\{\varepsilon_t\}$ un processo *white noise* di media zero e varianza σ_ε^2 . Box e Jenkins hanno proposto di descrivere la struttura di dipendenza tra i periodi (ad es. gli anni) e tra le stagioni (ad es. i mesi) con il modello $(S)ARIMA(p, d, q) \times (P, D, Q)_s$ così definito:

$$\phi(B)\Phi(B^S)(1-B)^d(1-B^S)^D X_t = \phi_o + \theta(B)\Theta(B^S)\varepsilon_t,$$

dove

- S è il periodo stagionale;
- $\phi(B)$ è l'operatore autoregressivo non stagionale di ordine p ;
- $\Phi(B^S)$ è l'operatore autoregressivo stagionale di ordine P ;
- $\theta(B)$ è l'operatore a media mobile non stagionale di ordine q ;
- $\Theta(B^S)$ è l'operatore a media mobile stagionale di ordine Q ;
- $(1-B)^d$ è l'operatore differenza non stagionale di ordine d ;
- $(1-B^S)^D$ è l'operatore differenza stagionale di ordine D .

2.6. LA PROCEDURA DI BOX E JENKINS

La procedura proposta da Box e Jenkins è di tipo iterativo e consta di tre fasi fondamentali: l'identificazione, la stima dei parametri e la verifica di un modello

ARIMA ed ha come scopo la costruzione di un modello che si adatti alla serie storica osservata e che rappresenti il processo generatore della serie stessa.

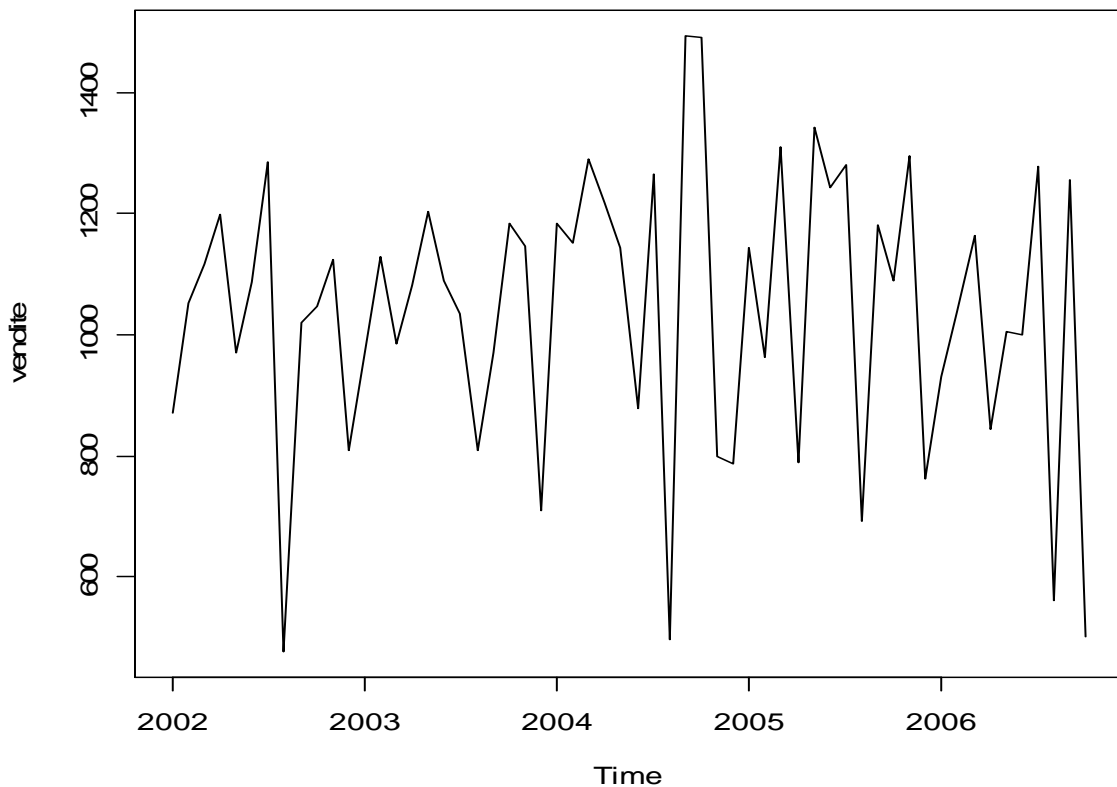
- *Verifica della stazionarietà della serie*: attraverso l'analisi grafica della serie e la ricerca delle trasformazioni più adeguate a rendere stazionaria la serie (calcolo delle differenze);
- *identificazione del modello*: individuazione degli ordini p, d, q del modello *ARIMA* mediante l'analisi delle funzioni di autocorrelazione parziale e globale;
- *stima dei parametri*: stima dei parametri del modello *ARIMA* con il metodo della massima verosimiglianza o dei minimi quadrati;
- *verifica del modello*: controllo sui residui del modello stimato per verificare se sono una realizzazione campionaria di un processo *white noise* Gaussiano.

Se il modello stimato supera la fase di verifica può essere usato per le previsioni. Altrimenti si ripetono nuovamente le fasi di identificazione, stima, verifica (procedura iterativa).

3. APPLICAZIONE DELL'ANALISI DI SERIE STORICHE A SCOPO PREVISIVO

3.1. ARTICOLO_1

In questo paragrafo vedremo l'applicazione pratica della procedura di Box e Jenkins per individuare il processo generatore della serie storica mensile delle vendite dell'ARTICOLO_1. La serie storica parte dal gennaio dell'anno 2002 fino all'ottobre dell'anno 2006 e può essere rappresentata come $\{x_t\}_{t=1}^{158}$. Rappresentiamo graficamente la serie storica per compiere una prima analisi grafica:



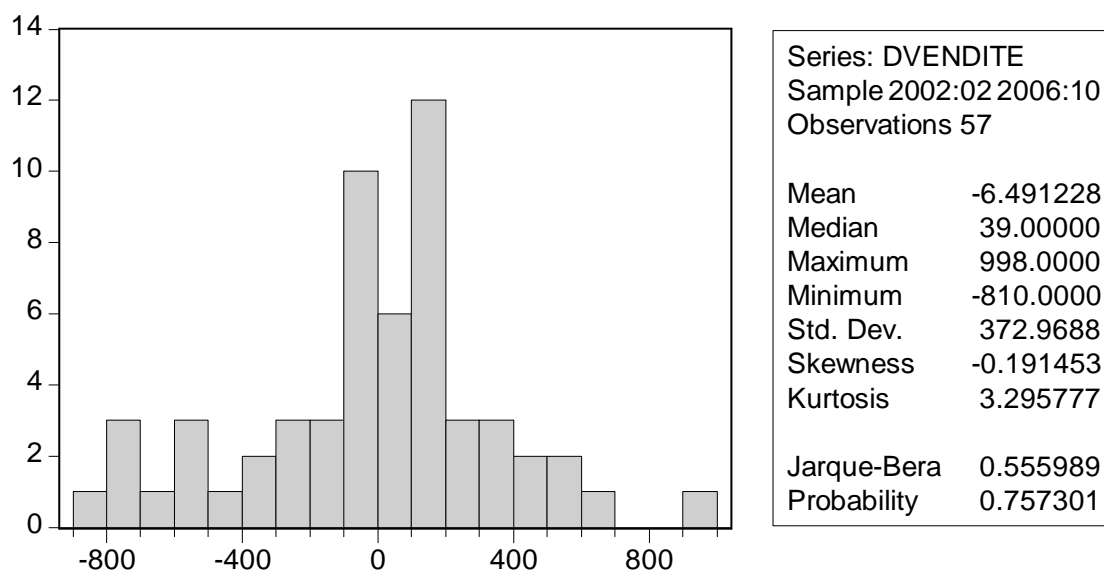
Dal grafico possiamo notare come la serie non presenti un andamento tendenziale di fondo ma sia caratterizzata da un comportamento stagionale con dei picchi di vendite molto bassi rispetto al resto dell'anno soprattutto nel mese di agosto. Questo

comportamento delle vendite può essere causato principalmente dalla chiusura di una settimana dell'azienda per ferie, ma anche dalla minor richiesta di articoli da parte della clientela.

Come abbiamo detto nei paragrafi precedenti per poter applicare l'approccio moderno la nostra serie dovrà essere depurata delle componenti deterministiche, in modo da poter studiare il comportamento della componente stocastica per individuarne il suo processo generatore.

Poiché la dinamica della serie presenta variazioni strettamente periodiche sarà opportuno differenziarla, per poter rendere stazionario il processo.

Mostriamo l'istogramma di frequenza e il correlogramma della serie differenziata:



L'output di EViews fornisce il test di Jarque-Bera utilizzato in statistica per verificare la normalità dei dati. Il *p-value* è decisamente elevato rispetto ai livelli di significatività a cui di solito si fa riferimento ($p\text{-value} > 0.05$), ciò ci fa propendere per l'ipotesi nulla ovvero la normalità della distribuzione dei dati della serie in esame.

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	-0.583	-0.583	20.422	0.000
		2	0.130	-0.318	21.456	0.000
		3	-0.161	-0.416	23.068	0.000
		4	0.262	-0.087	27.413	0.000
		5	-0.197	-0.102	29.919	0.000
		6	0.171	0.108	31.838	0.000
		7	-0.317	-0.255	38.585	0.000
		8	0.408	0.087	50.000	0.000
		9	-0.254	0.060	54.524	0.000
		10	0.091	0.010	55.123	0.000
		11	-0.212	-0.221	58.415	0.000
		12	0.391	0.108	69.825	0.000
		13	-0.300	0.042	76.684	0.000
		14	0.196	0.139	79.696	0.000
		15	-0.275	-0.025	85.755	0.000
		16	0.342	0.106	95.322	0.000
		17	-0.230	0.050	99.755	0.000
		18	0.130	0.047	101.22	0.000
		19	-0.202	0.015	104.83	0.000
		20	0.239	-0.092	110.03	0.000
		21	-0.139	0.020	111.84	0.000
		22	0.035	-0.147	111.95	0.000
		23	-0.156	-0.165	114.35	0.000
		24	0.393	0.168	130.07	0.000

La funzione di autocorrelazione globale manifesta andamenti tipici ai ritardi stagionali $s, 2s, 3s, \dots$, con $s=4$. Questo comportamento ci fa propendere per un processo stagionale $ARIMA(p, d, q) \times (P, D, Q)_s$ con $d=1$ e dato che la funzione di autocorrelazione globale denota ritardi stagionali che decadono a zero molto lentamente conviene sottoporre la serie ad una differenziazione stagionale del tipo $(1 - B^s)^D x_t$. Quindi si identifica $D=1$ e si considerano dunque differenze del tipo $x_t - x_{t-s}$. Rappresentiamo il correlogramma della serie dopo la differenziazione stagionale ($ARIMA(0,1,0) \times (0,1,0)_4$):

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 -0.543	-0.543	16.508	0.000
		2 -0.034	-0.466	16.575	0.000
		3 0.363	0.150	24.257	0.000
		4 -0.551	-0.404	42.326	0.000
		5 0.265	-0.329	46.596	0.000
		6 0.155	-0.044	48.077	0.000
		7 -0.223	0.186	51.233	0.000
		8 0.110	-0.170	52.014	0.000
		9 0.023	-0.105	52.049	0.000
		10 -0.206	-0.127	54.912	0.000
		11 0.196	0.046	57.586	0.000
		12 -0.018	-0.099	57.609	0.000
		13 -0.081	-0.042	58.082	0.000
		14 0.138	0.001	59.511	0.000
		15 -0.123	0.045	60.680	0.000
		16 0.042	0.080	60.817	0.000
		17 0.016	0.010	60.838	0.000
		18 0.009	0.138	60.846	0.000
		19 0.014	0.171	60.863	0.000
		20 -0.127	-0.154	62.293	0.000
		21 0.086	-0.185	62.964	0.000
		22 0.004	0.092	62.966	0.000
		23 -0.097	-0.081	63.880	0.000
		24 0.240	0.012	69.688	0.000

La funzione di autocorrelazione globale tende ad annullarsi per $k > 1$, mentre la funzione di autocorrelazione parziale tende a zero molto lentamente. Ciò identifica la presenza di un operatore a media mobile non stagionale di ordine $q = 1$. La funzione di autocorrelazione globale identifica anche un operatore a media mobile stagionale al quarto e all'ottavo ritardo, quindi la parte stagionale avrà ordine $Q = 2$.

La fase di identificazione si conclude proponendo un modello $ARIMA(0,1,1) \times (0,1,2)_4$ per descrivere il processo generatore della serie storica.

Passiamo quindi alla seconda fase della procedura di Box e Jenkins, cioè quella di stima dei parametri del modello identificato e determinazione della loro significatività.

Presentiamo l'output di EViews che fornisce rispettivamente le stime, gli standard error e la statistica test con relativo p -value:

Dependent Variable: D(VENDITE,1,4)
Method: Least Squares
Date: 02/16/07 Time: 10:11
Sample(adjusted): 2002:06 2006:10
Included observations: 53 after adjusting endpoints
Convergence achieved after 21 iterations
Backcast: 2001:09 2002:05

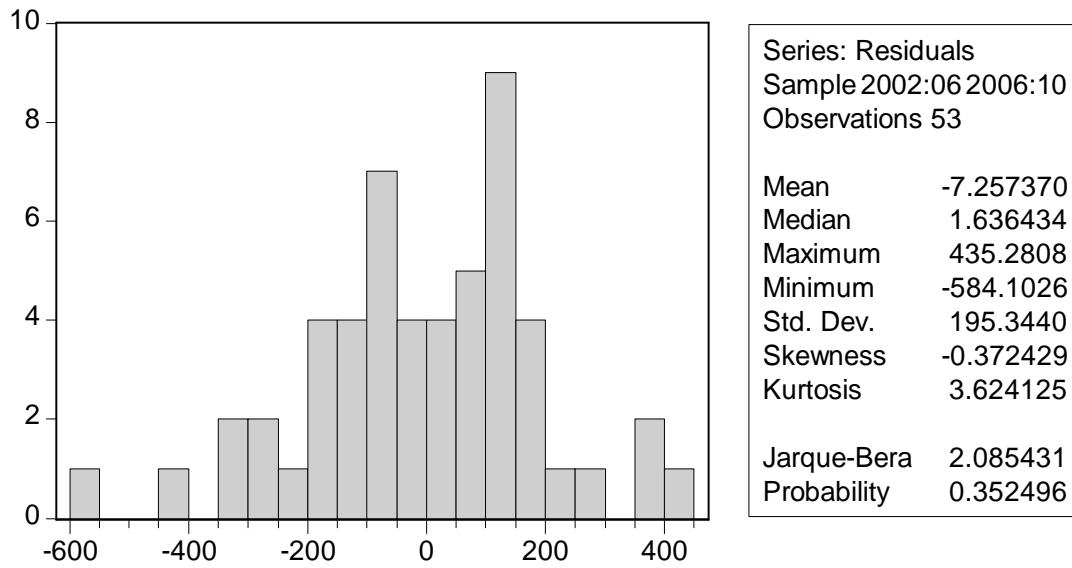
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
MA(1)	-0.812299	0.074561	-10.89448	0.0000
SMA(4)	-1.141441	0.093609	-12.19367	0.0000
SMA(8)	0.245058	0.079633	3.077357	0.0034
R-squared	0.796473	Mean dependent var		-11.28302
Adjusted R-squared	0.788332	S.D. dependent var		433.3058
S.E. of regression	199.3526	Akaike info criterion		13.48297
Sum squared resid	1987074.	Schwarz criterion		13.59449
Log likelihood	-354.2986	Durbin-Watson stat		2.149005
Inverted MA Roots	.96	.81	.73	.00+.73i
	-.00-.96i	-.00-.73i	-.00+.96i	-.73
	-.96			

Il programma è in grado di produrre stime dei parametri massimizzando la verosimiglianza esatta di questo processo.

Da un'analisi dei *p-value* della statistica test, tutti i parametri risultano essere significativi. Questo non basta ovviamente a formulare un giudizio positivo sulla validità del modello nel suo complesso, anche se possiamo dire di aver svolto una buona fase di identificazione. È necessario procedere alla verifica del modello secondo un controllo diagnostico dei residui.

Se il modello (*S*)ARIMA prescelto è un'adeguata rappresentazione del processo generatore dei dati, la serie dei residui dovrebbe presentare una distribuzione normale. Tale aspetto è importante perché nel caso di gaussianità l'incorrelazione dei residui del modello implica anche la loro indipendenza.

Per fare ciò utilizzeremo l'istogramma delle frequenze dei residui ed il test di Jarque-Bera, già utilizzato in precedenza:



Proponiamo di seguito anche le funzioni di autocorrelazione globale e parziale dei residui:

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	-0.161	-0.161	1.4478	
		2	-0.050	-0.077	1.5883	
		3	-0.087	-0.111	2.0273	
		4	-0.020	-0.061	2.0507	0.152
		5	0.169	0.147	3.7769	0.151
		6	0.127	0.180	4.7700	0.189
		7	-0.196	-0.136	7.2167	0.125
		8	-0.002	-0.017	7.2169	0.205
		9	0.091	0.117	7.7671	0.256
		10	-0.009	-0.028	7.7722	0.353
		11	0.008	-0.057	7.7771	0.456
		12	0.036	0.096	7.8693	0.547
		13	-0.007	0.077	7.8728	0.641
		14	0.151	0.110	9.5670	0.570
		15	-0.108	-0.087	10.466	0.575
		16	-0.091	-0.074	11.124	0.600
		17	0.042	0.015	11.266	0.665
		18	0.047	-0.002	11.449	0.720
		19	-0.111	-0.182	12.500	0.709
		20	-0.105	-0.170	13.472	0.704
		21	0.007	0.068	13.477	0.763
		22	-0.028	-0.071	13.548	0.809
		23	0.128	-0.005	15.141	0.768
		24	-0.015	0.088	15.165	0.815

L'analisi diagnostica del modello induce a ritenere che esso sia una buona approssimazione del vero meccanismo generatore. Infatti le funzioni di autocorrelazione globale e parziale dei residui congiuntamente al test di Ljung e Box ($Q(24) = 15,165$, $pvalue = 0.815$) portano ad escludere la presenza di correlazione seriale. Inoltre l'istogramma di frequenza e il test di Jarque-Bera ($LB = 2.085$, $pvalue = 0.352$) indicano la normalità dei residui. Gli errori di tale modello risultano essere generati da un processo *white noise* Gaussiano.

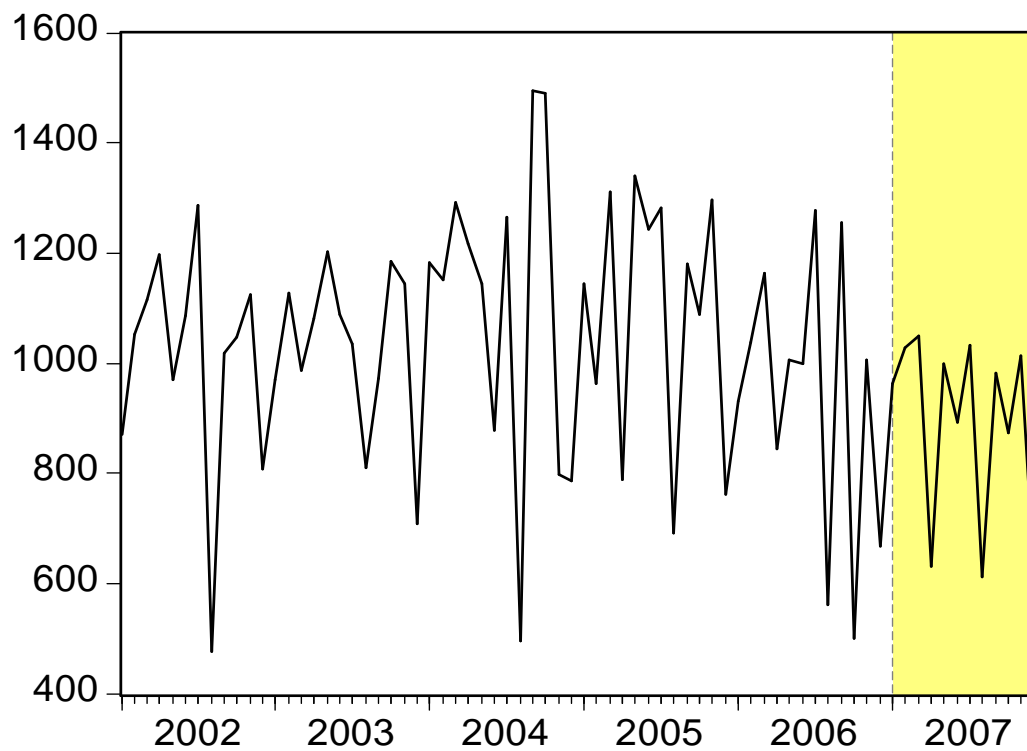
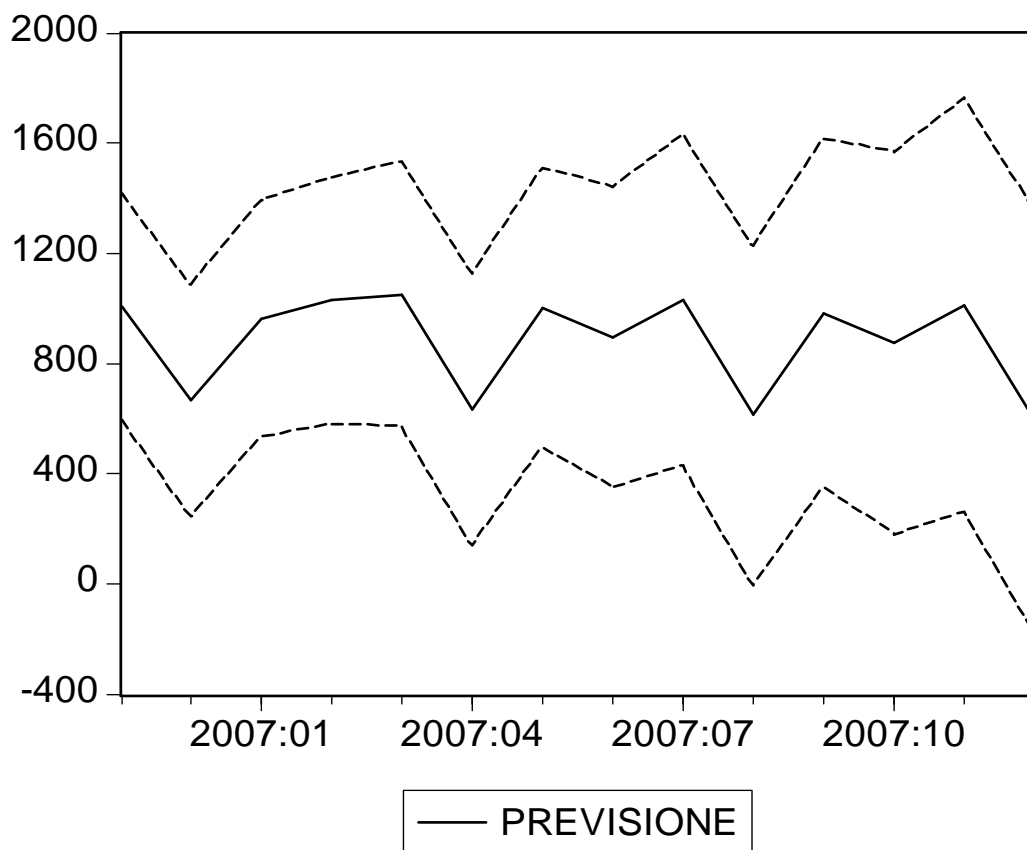
Il modello ottenuto con la procedura di Box e Jenkins è dunque

$$(1 - B)(1 - B^4)X_t = (1 - 0.812B)(1 - 1.141B^4)(1 + 0.245B^8)\varepsilon_t$$

con $\varepsilon_t \sim WN(0; 199.353^2)$.

A questo punto posso utilizzare il modello appena trovato per effettuare le previsioni di cui abbiamo bisogno. Per l'ARTICOLO_1 l'azienda vuole disporre delle previsioni puntuali a medio termine per i mesi dell'anno 2007.

Grazie al software EViews abbiamo ottenuto il grafico delle previsioni per il 2007 (abbiamo trovato anche le previsioni per ottobre e novembre 2006 ma non ne terremo conto) e il grafico dell'intera serie con annesse le previsioni:



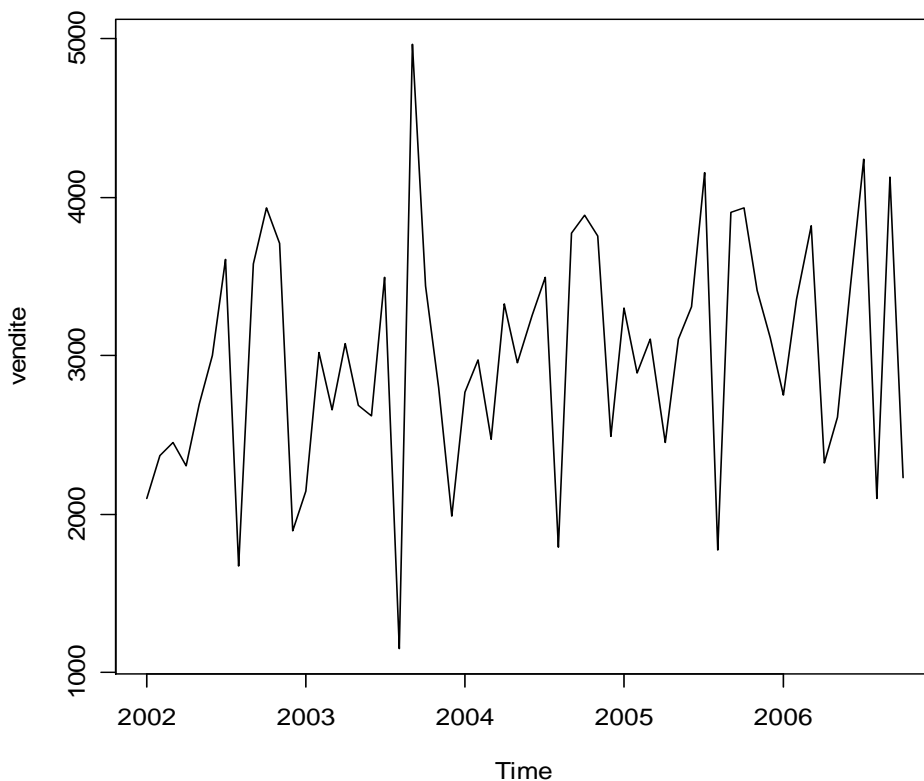
Infine rappresentiamo in forma tabellare le stime puntuali (per convenienza abbiamo approssimato all'unità più vicina) delle previsioni ottenute:

	<i>Anno 2007</i>
<i>Gennaio</i>	963
<i>Febbraio</i>	1028
<i>Marzo</i>	1050
<i>Aprile</i>	632
<i>Maggio</i>	1000
<i>Giugno</i>	893
<i>Luglio</i>	1031
<i>Agosto</i>	613
<i>Settembre</i>	981
<i>Ottobre</i>	874
<i>Novembre</i>	1013
<i>Dicembre</i>	594

<i>VARIANZA DELLA DOMANDA MENSILE PREVISTA (σ^2)</i>
30593,8788

3.2. ARTICOLO_2

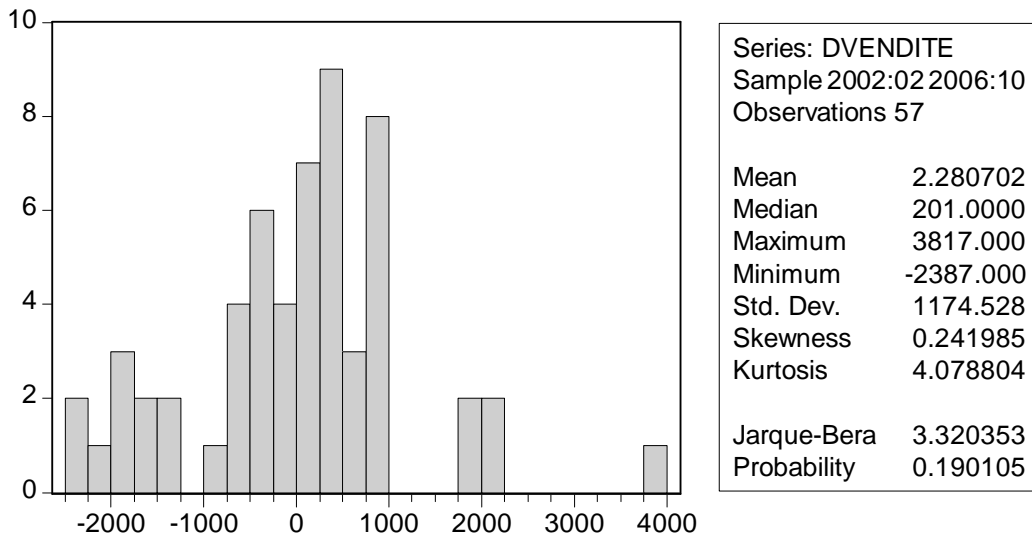
Troviamo il processo generatore della serie storica mensile delle vendite dell'ARTICOLO_2 applicando anche in questo caso la procedura di Box e Jenkins. La serie storica parte dal gennaio dell'anno 2002 fino all'ottobre dell'anno 2006 e può essere rappresentata come $\{x_t\}_{t=1}^{58}$. Rappresentiamo graficamente la serie storica per compiere una prima analisi grafica:



Dal grafico notiamo come la serie non presenti un andamento tendenziale di fondo ma sia caratterizzata da un comportamento stagionale imputabile alle stesse cause descritte per l'ARTICOLO_1.

Poiché la dinamica della serie presenta variazioni strettamente periodiche sarà opportuno differenziarla, per poter rendere stazionario il processo.

Mostriamo l'istogramma di frequenza e il correlogramma della serie differenziata:



L'output di EViews fornisce il test di Jarque-Bera utilizzato in statistica per verificare la normalità dei dati. Il *p-value* è decisamente elevato rispetto ai livelli di significatività a cui di solito si fa riferimento ($p\text{-value} > 0.05$), ciò ci fa propendere per l'ipotesi nulla di normalità.

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	-0.559	-0.559	18.788	0.000
		2	0.073	-0.350	19.111	0.000
		3	-0.113	-0.420	19.901	0.000
		4	0.179	-0.220	21.930	0.000
		5	-0.019	-0.023	21.953	0.001
		6	-0.095	-0.070	22.548	0.001
		7	-0.011	-0.142	22.557	0.002
		8	0.120	-0.008	23.539	0.003
		9	-0.043	0.028	23.668	0.005
		10	0.005	0.109	23.670	0.009
		11	-0.313	-0.468	30.844	0.001
		12	0.606	0.200	58.262	0.000
		13	-0.420	0.018	71.756	0.000
		14	0.141	0.054	73.309	0.000
		15	-0.104	0.154	74.177	0.000
		16	0.123	0.063	75.414	0.000
		17	-0.049	-0.030	75.616	0.000
		18	0.004	0.101	75.617	0.000
		19	-0.130	-0.206	77.115	0.000
		20	0.206	-0.030	80.986	0.000
		21	-0.090	-0.060	81.749	0.000
		22	0.052	0.046	82.005	0.000
		23	-0.253	-0.011	88.332	0.000
		24	0.386	-0.060	103.48	0.000

La funzione di autocorrelazione globale manifesta andamenti tipici ai ritardi stagionali $s, 2s, 3s, \dots$, con $s=12$. Questo comportamento ci fa propendere per un processo stagionale $ARIMA(p, d, q) \times (P, D, Q)_s$ con $d=1$ e dato che la funzione di autocorrelazione globale denota ritardi stagionali che decadono a zero molto lentamente conviene sottoporre la serie ad una differenziazione stagionale del tipo $(1 - B^s)^D x_t$. Quindi si identifica $D=1$ e si considerano dunque differenze del tipo $x_t - x_{t-s}$.

Rappresentiamo ora il correlogramma del processo $ARIMA(0,1,0) \times (0,1,0)_{12}$:

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	-0.469	-0.469	10.573	0.001
		2	0.029	-0.245	10.614	0.005
		3	-0.077	-0.238	10.909	0.012
		4	0.010	-0.202	10.914	0.028
		5	0.113	0.001	11.594	0.041
		6	-0.143	-0.123	12.703	0.048
		7	0.246	0.201	16.067	0.025
		8	-0.307	-0.116	21.454	0.006
		9	0.278	0.171	25.983	0.002
		10	-0.262	-0.142	30.136	0.001
		11	0.282	0.227	35.091	0.000
		12	-0.306	-0.299	41.108	0.000
		13	0.141	0.064	42.419	0.000
		14	0.100	-0.070	43.097	0.000
		15	-0.149	0.117	44.660	0.000
		16	0.186	-0.019	47.179	0.000
		17	-0.290	0.028	53.514	0.000
		18	0.269	-0.069	59.166	0.000
		19	-0.229	0.030	63.445	0.000
		20	0.178	-0.156	66.134	0.000

La funzione di autocorrelazione globale tende ad annullarsi per $k > 1$, mentre la funzione di autocorrelazione parziale tende a zero molto lentamente. Ciò identifica la presenza di un operatore a media mobile non stagionale di ordine $q=1$.

La fase di identificazione si conclude proponendo un modello $ARIMA(0,1,1) \times (0,1,0)_4$ per descrivere il processo generatore della serie storica.

Passiamo quindi alla seconda fase della procedura di Box e Jenkins, cioè quella di stima dei parametri del modello identificato e determinazione della loro significatività.

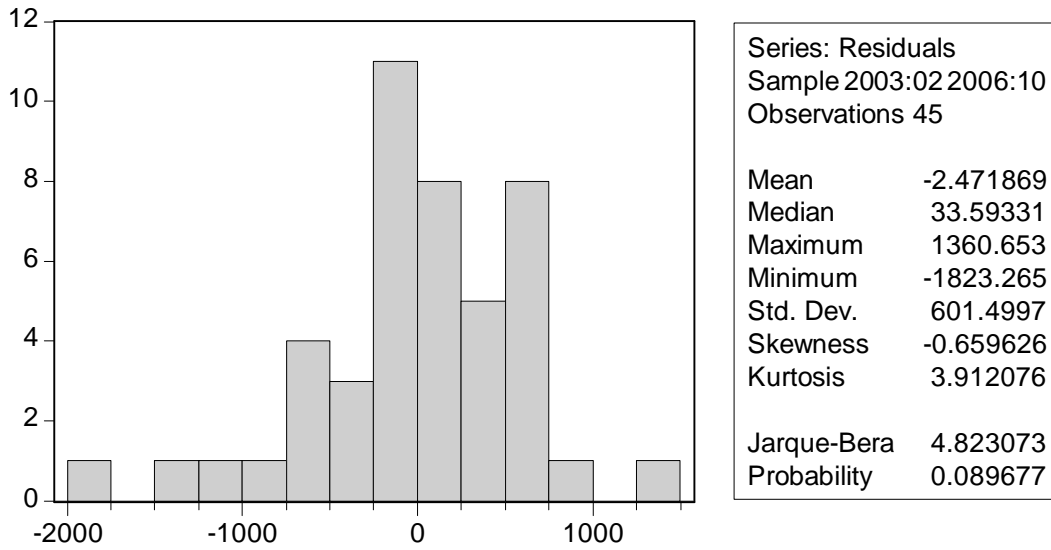
Presentiamo l'output di EViews che fornisce rispettivamente le stime (metodo della massima verosimiglianza), gli standard error e la statistica test con relativo *p-value*:

Dependent Variable: D(VENDITE,1,12)
 Method: Least Squares
 Date: 02/16/07 Time: 14:24
 Sample(adjusted): 2003:02 2006:10
 Included observations: 45 after adjusting endpoints
 Convergence achieved after 11 iterations
 Backcast: 2003:01

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
MA(1)	-0.941349	0.029866	-31.51884	0.0000
R-squared	0.505522	Mean dependent var	-39.00000	
Adjusted R-squared	0.505522	S.D. dependent var	855.3927	
S.E. of regression	601.5049	Akaike info criterion	15.65872	
Sum squared resid	15919559	Schwarz criterion	15.69887	
Log likelihood	-351.3212	Durbin-Watson stat	2.114991	
Inverted MA Roots	.94			

Da un'analisi dei *p-value* della statistica test, il parametro *MA(1)* risulta essere significativo. Questo non basta ovviamente a formulare un giudizio positivo sulla validità del modello nel suo complesso, anche se possiamo dire di aver svolto una buona fase di identificazione. È necessario procedere alla verifica del modello secondo un controllo diagnostico dei residui.

Per fare ciò utilizzeremo l'istogramma delle frequenze dei residui ed il test di Jarque-Bera, già utilizzato in precedenza:



Proponiamo di seguito anche le funzioni di autocorrelazione globale e parziale dei residui:

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 -0.174	-0.174	1.4562	
		2 -0.121	-0.156	2.1784	0.140
		3 -0.119	-0.181	2.8959	0.235
		4 0.018	-0.071	2.9119	0.405
		5 0.141	0.092	3.9574	0.412
		6 -0.053	-0.031	4.1106	0.534
		7 0.102	0.131	4.6865	0.585
		8 -0.177	-0.116	6.4699	0.486
		9 0.177	0.164	8.3048	0.404
		10 -0.182	-0.178	10.316	0.326
		11 0.155	0.148	11.814	0.298
		12 -0.226	-0.299	15.079	0.179
		13 0.094	0.146	15.658	0.207
		14 0.120	-0.041	16.635	0.217
		15 -0.087	0.078	17.167	0.247
		16 0.104	-0.005	17.955	0.265
		17 -0.177	0.035	20.335	0.206
		18 0.173	0.019	22.673	0.160
		19 -0.176	-0.061	25.195	0.120
		20 0.142	0.006	26.907	0.107

L'analisi diagnostica del modello induce a ritenere che esso sia una buona approssimazione del vero meccanismo generatore. Infatti le funzioni di autocorrelazione globale e parziale dei residui congiuntamente al test di Ljung e Box

($Q(24) = 26,907$, $pvalue = 0.107$) portano ad escludere la presenza di correlazione seriale. Inoltre l'istogramma di frequenza e il test di Jarque-Bera ($LB = 4.823$, $pvalue = 0.090$) indicano la normalità dei residui. Gli errori di tale modello risultano essere generati da un processo *white noise* Gaussiano.

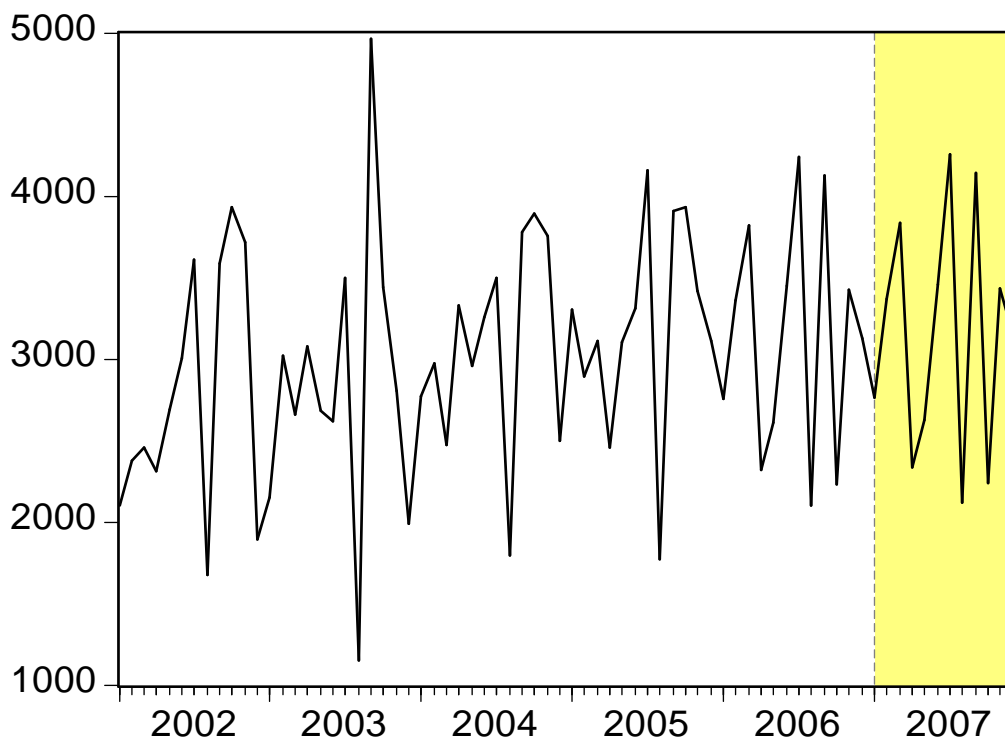
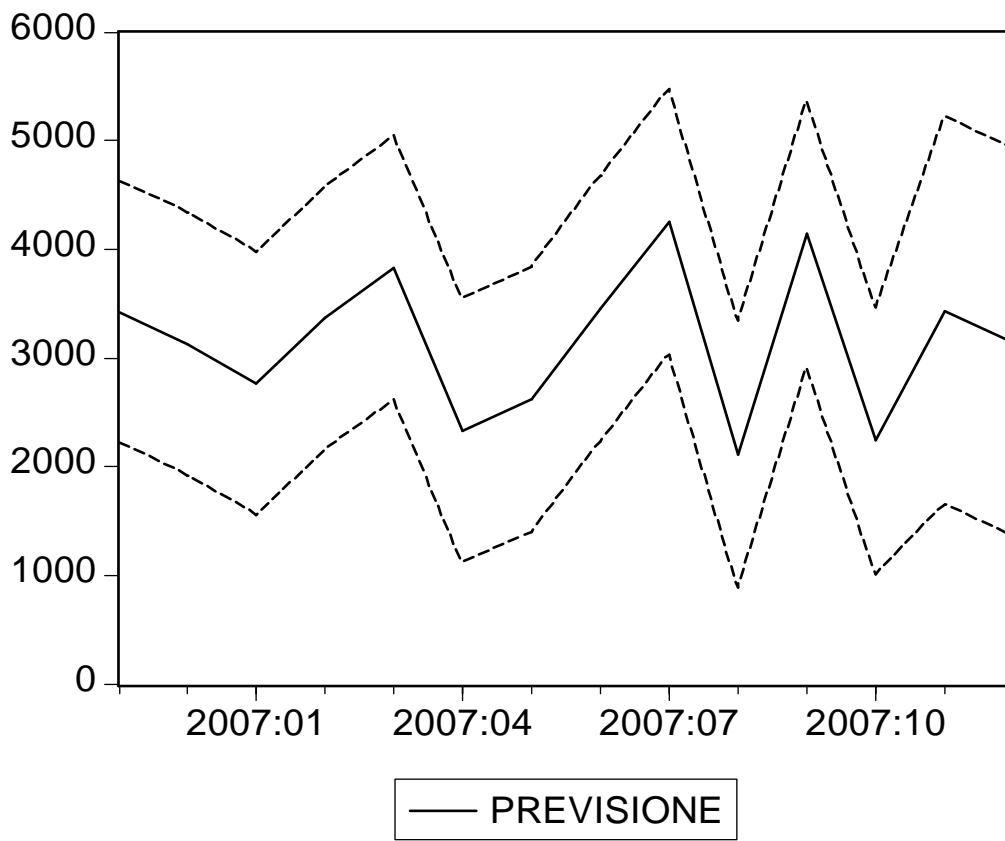
Il modello ottenuto con la procedura di Box e Jenkins è dunque

$$(1 - B)(1 - B^4)X_t = (1 - 0.941B)\varepsilon_t$$

con $\varepsilon_t \sim WN(0; 601.505^2)$.

A questo punto posso utilizzare il modello appena trovato per effettuare le previsioni di cui abbiamo bisogno. Per l'ARTICOLO_2 l'azienda vuole disporre delle previsioni puntuali a medio termine per i mesi dell'anno 2007.

Ottenuto tramite EViews rappresentiamo il grafico delle previsioni per il 2007 (come detto prima non terremo conto delle previsioni per ottobre e novembre 2006) e il grafico dell'intera serie con annesse le previsioni:



Infine rappresentiamo in forma tabellare le stime puntuali (per convenienza abbiamo approssimato all'unità più vicina) delle previsioni ottenute:

	<i>Anno 2007</i>
<i>Gennaio</i>	2762
<i>Febbraio</i>	3370
<i>Marzo</i>	3831
<i>Aprile</i>	2332
<i>Maggio</i>	2622
<i>Giugno</i>	3456
<i>Luglio</i>	4251
<i>Agosto</i>	2113
<i>Settembre</i>	4137
<i>Ottobre</i>	2238
<i>Novembre</i>	3435
<i>Dicembre</i>	3134

<i>VARIANZA DELLA DOMANDA MENSILE PREVISTA (σ^2)</i>
534366,6288

4. GESTIONE DELLE SCORTE

4.1. LA STRUTTURA FISICA DEL MAGAZZINO

Il magazzino è una struttura logistica costituita da locali, attrezzature e personale in grado di ricevere materie, merci e prodotti, custodirli, conservarli e renderli disponibili per lo smistamento, la produzione e la consegna.

La sua funzione è quella di separare due o più segmenti del processo produttivo e distributivo, dotati di differenti dinamiche, al fine di ottenere una riduzione dei costi, garantire la capacità di stoccaggio e assicurare il flusso delle materie, dei componenti e dei prodotti.

E' possibile immaginare il magazzino come il serbatoio di un'azienda in quanto consente di conciliare:

- le esigenze di approvvigionamento con quelle di utilizzazione di determinati materiali;
- le esigenze di produzione con quelle di vendita di determinati prodotti finiti.

Il magazzino costituisce, infatti, un punto fondamentale nell'organizzazione aziendale. E' perciò opportuno che le strutture fisiche da destinare a deposito devono essere realizzate in modo da sfruttare il più possibile lo spazio disponibile e assicurare la migliore conservazione delle scorte.

Le attrezzature da destinarsi a magazzino devono essere tali da facilitare la suddivisione e lo smistamento delle merci e permettere un agevole movimento dei mezzi di trasporto e sollevamento che vengono utilizzati per eseguire le operazioni di deposito e di ripresa.

Il magazzino deve poter disporre di adeguate strutture, attrezzature e aree funzionali sia per la necessità di stoccaggio sia per la necessità di movimentazione interna.

Proprio per queste necessità la Came Cancelli Automatici S.P.A. ha imposto al suo magazzino un'evoluzione verticale potendo disporre di macchinari adatti a tale scopo, diminuendo in questo modo l'ingombro e i relativi costi imposti da un deposito più ampio; dal punto di vista fisico, l'azienda ha suddiviso il suo magazzino in 4 zone fondamentali:

- *zona di ricezione*: deve tener conto che l'esecuzione degli ordini di acquisto dipende dai fornitori e quindi gli arrivi di merci non sono sempre programmabili e possono accavallarsi tra loro richiedendo particolari spazi di accesso;
- *zona di controllo della qualità*: a questa settore viene adibito uno spazio ridotto anche se la sua funzione è molto importante. Un tecnico opera un'analisi a campione per pallet e, se un singolo articolo viene definito difettoso, l'intera commessa viene rispedita al fornitore;
- *zona di stoccaggio*: costituisce il magazzino in senso stretto, cioè quell'area nella quale le merci restano in giacenza per periodi più o meno lunghi. Deve essere dimensionata con cura, in quanto un eccesso di dimensioni comporta costi notevoli di ammortamento, manutenzione, riscaldamento, etc. Mentre un sottodimensionamento può dar luogo a gravi inconvenienti come una maggiore confusione tra le commesse di merci, maggiori pericoli di danni materiali, rotture, ammanchi;

- *zona di imballo e spedizione*: ha di solito minori esigenze di spazio rispetto alla zona di ricezione, in quanto l'esecuzione degli ordini di vendita può essere facilmente programmata.

4.2. LE SCORTE

Le scorte o “*stock*” possono essere definite come qualsiasi merce che giace all'interno dell'azienda in attesa di utilizzo. Per facilitare la comprensione di questo termine basta pensare alle scorte come ad entità fisiche che, in un certo istante, sono in possesso di chi le gestisce. L'impiego di risorse nella costituzione di livelli di scorta adeguati è un investimento che l'azienda decide di effettuare. La redditività di questo investimento dipende dalla capacità dell'impresa di definire lo *stock* adeguato per le diverse tipologie di materiali a fronte dei diversi vincoli che deve fronteggiare. Possiamo classificare le scorte in 4 categorie principali:

- *scorta normale*: formata da merce di uso certo e relativamente costante e prevedibile per cui l'approvvigionamento è regolarmente assicurato sotto forma ciclica;
- *scorta di transizione*: acquistata per usi straordinari, ma ben precisi e non ricorrenti che non resta a magazzino permanentemente, ma a titolo provvisorio in attesa di impiego;
- *scorta di lavoro*: necessaria per soddisfare la domanda prevista nell'intervallo di tempo tra due successive entrate a magazzino. Se i consumi si manterranno costanti essa eguaglierà il lotto d'acquisto;
- *scorta di sicurezza*: doverosa per proteggersi contro oscillazioni nella domanda relativa al tempo di approvvigionamento.

Premettiamo che la categoria a cui faremo riferimento nel seguito è quella di scorta di lavoro (la domanda prevista è variabile quindi i lotti di riordino non saranno costanti).

Un altro tipo di scorta del quale faremo utilizzo e sul quale ci soffermeremo in seguito è quello di scorta di sicurezza.

4.3. LA FUNZIONE DELLE SCORTE

Lo scopo delle scorte di magazzino è di separare tra loro operazioni successive nel processo di fabbricazione di un prodotto e della sua distribuzione al cliente. Si evita in questo modo di accoppiare in maniera rigida la produzione al consumo (vendita) e di vincolare gli acquisti di materiali alle esigenze di produzione.

In sostanza possiamo dire che le scorte, di qualsiasi tipo siano, sono uno strumento utilizzato dall'azienda per far fronte alla domanda della clientela.

La dimensione e la composizione qualitativa delle scorte dipendono da fattori interni all'azienda e da avvenimenti e fenomeni esterni ad essa. I fattori interni sono costituiti dalle decisioni aziendali nel quadro della programmazione della propria gestione e delle opportunità che intende sfruttare. Mentre gli avvenimenti esterni si riassumono nella dinamica dei mercati, che rende più o meno intenti gli andamenti degli acquisti e delle vendite, alternando con frequenza le posizioni dei singoli prodotti rispetto a quelli degli altri.

4.4. LA SCORTA DI SICUREZZA

La scorta di sicurezza (o minima) è quella quantità di merce per articolo che mediamente si ha depositata in magazzino quando arriva il lotto e che pertanto, se tutto funzionasse sempre secondo le previsioni, non dovrebbe essere toccata.

La quantità di questa scorta dipende da diversi fattori come: l'andamento del mercato e il livello di servizio che l'azienda vuole offrire al cliente. Inoltre la dimensione di questa scorta deve essere tale da ridurre al minimo i rischi dovuti alla puntualità e all'affidabilità dell'approvvigionamento.

Sulla base di quanto appena detto, potremmo esprimere la scorta di sicurezza con la seguente:

$$SS = z \cdot \sigma \cdot \sqrt{LT}$$

dove

SS = scorta di sicurezza

z = coefficiente legato alla percentuale di livello di servizio

σ = deviazione standard della domanda

LT = *lead time* (tempo di approvvigionamento)

4.5. LIVELLO DI SERVIZIO

Il concetto di livello di servizio può essere considerato la forza trainante nel rapporto fornitore-compratore. In termini elementari il livello di servizio rappresenta l'abilità del fornitore a soddisfare il compratore, e consiste nel fornire regolarmente il prodotto giusto al tempo giusto e al posto giusto, nella maniera più adatta e conveniente al cliente.

La chiave del fornitore per ottenere il massimo di utile e di ritorno dell'investimento consiste nell'identificare e controllare gli elementi essenziali del servizio al cliente.

Nel nostro caso il servizio al cliente implica un aumento dei costi di giacenza e di conseguenza dei costi totali, dovuto alla relazione esistente con la scorta di sicurezza. Infatti maggiore sarà la percentuale di soddisfazione del cliente che l'azienda vuole imporre, maggiori saranno le scorte minime da dover tenere in magazzino, e

viceversa. Ma questo non deve essere visto come un fattore negativo, anzi nei mercati di oggi, ove i prodotti sono spesso identici per prezzo e qualità, la performance del servizio al cliente può essere la chiave di volta per differenziarsi, anche a scapito di costi più elevati.

Il livello di servizio è usualmente rappresentato in percentuale (%) e, come si è visto nel paragrafo precedente, può essere identificato dal coefficiente z . Questo coefficiente indica il valore della funzione di ripartizione della variabile casuale normale standardizzata (vedi Tab. 1) in relazione alla percentuale di probabilità del livello di servizio:

$$\Phi(z) = P(Z \leq z) = \int_{-\infty}^z \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}} dz$$

z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990
3.1	0.9990	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993
3.2	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	0.9995
3.3	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997
3.4	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9998

Tab. 1: Funzione di ripartizione della Variabile Casuale Normale Standardizzata

4.6. IL TEMPO DI APPROVVIGIONAMENTO

Il tempo di approvvigionamento, dal termine inglese *lead time*, è un parametro che caratterizza una rete logistica a diversi livelli.

Sostanzialmente, rappresenta il tempo complessivo che passa tra il momento in cui il compratore emette un ordine e il momento in cui lo stesso riceve a magazzino il prodotto ordinato.

Le principali operazioni che la Came Cancelli Automatici S.P.A. svolge per l'approvvigionamento e per l'entrata delle merci in magazzino possono essere raggruppate nelle seguenti fasi:

- *richiesta di approvvigionamento*: la necessità di procedere ad un acquisto esterno di un dato articolo deriva dal raggiungimento della data di riordino dell'articolo gestito a scorta. Il documento previsto per assolvere tale funzione è la richiesta di approvvigionamento;
- *emissione di ordini d'acquisto*: l'Ufficio Acquisti, ricevuta la richiesta di approvvigionamento, ne controlla la validità formale ed emette il documento chiamato ordine di acquisto ai propri fornitori;
- *ricezione delle merci in entrata*: il fornitore spedisce la merce ordinata documentandola con una bolla di consegna. L'Ufficio Ricevimento verifica che quanto dichiarato dal fornitore sulla bolla di consegna corrisponda a quanto richiesto nell'ordine di acquisto e, fatto ciò, autorizza lo scarico della merce documentandola con la bolla entrata materiali. Come ultima operazione l'Ufficio Ricevimento aggiorna la situazione degli ordini ancora in attesa di consegna;

- *controllo e carico a magazzino*: la merce in consegna presso il magazzino è a disposizione del Servizio Controllo Qualità per le verifiche tendenti ad assicurarne la qualità (la merce è priva di difetti o vizi che invalidano l'intera commessa ricevuta). terminate le operazioni di collaudo, la merce acquistata e validata può essere definitivamente stivata a magazzino nella posizione a essa destinata, pronta così per essere prelevata.

Per ridurre, quindi, al minimo il tempo di approvvigionamento ognuna delle attività appena descritte deve essere sincronizzata e ben controllata, cioè l'ordine deve passare per ogni reparto interessato entro un certo tempo stabilito a priori.

4.7. OBIETTIVI DI GESTIONE DELLE SCORTE

La gestione delle scorte è soprattutto gestione degli approvvigionamenti e di logistica, essa quindi si concretizza in una serie di decisioni riguardanti i quantitativi da ordinare e i tempi nei quali emettere gli ordini.

Gestire le scorte vuol dire studiare l'andamento passato delle vendite per ricavare le proiezioni sulla domanda futura, ma soprattutto, redigere accurati programmi di acquisto tenendo conto dei limiti finanziari e strutturali dell'azienda.

Vi è l'esigenza, dunque, di predisporre i mezzi e le informazioni necessarie per una razionale gestione del magazzino al fine di ottimizzare il livello delle giacenze.

Il controllo delle scorte comprende quella parte di attività della gestione aziendale che, note le caratteristiche e la dimensione degli impianti di produzione, della domanda di prodotti finiti e dell'offerta di materie prime, determina il livello più economico delle consistenze di materie prime e prodotti in magazzino. Le scorte rappresentano quindi un momento critico della gestione, in quanto le aziende devono operare in un mercato sempre più dinamico e flessibile.

Un'impresa modernamente organizzata deve verificare in ogni momento se le conviene:

- sostenere maggiori oneri di magazzino pur di avere a disposizione una quantità di materie, merci e prodotti che metta l'azienda in una posizione tale da poter far fronte ad ogni evenienza;
- rinunciare al soddisfacimento di una parte della domanda pervenuta dalla clientela con conseguenti minori costi di magazzino.

Ci deve essere, per una razionale e corretta gestione delle scorte, una mediazione di esigenze economico-finanziarie con problemi di ordine tecnico-organizzativi che tiene conto anche del coordinamento esistente con le altre funzioni aziendali.

In precedenza è stato citato il termine “impresa modernamente organizzata”, visto l'ambito in cui si basa la tesi, è opportuno dare una spiegazione di organizzazione dell'azienda riguardo al settore magazzino.

Generalmente si ritiene che un magazzino sia bene organizzato se:

- è possibile sapere quanti articoli diversi contiene;
- ogni articolo ha un nome o un codice che lo individua;
- gli articoli, se numerosi, sono opportunamente classificati in modo da poterli controllare con una spesa relativamente contenuta;
- c'è una contabilità che consente di conoscere, almeno ad intervalli regolari, quanta merce è in magazzino, in ordine od impegnata senza necessità di dover ricorrere continuamente a conte o ad inventari fisici;
- ogni articolo ha un posto assegnato in modo razionale sia per quanto concerne l'ubicazione sia per quanto concerne lo spazio. Per esempio, gli articoli molto

movimentati occupano le posizioni più accessibili e si riserva più spazio agli articoli con maggior volume di venduto;

- La movimentazione degli articoli avviene in modo razionale ed al minimo costo.

4.8. PRINCIPALI PROBLEMI DI GESTIONE DELLE SCORTE

Quanto segue sarà dedicato a quali sono i problemi principali e le scelte da dover affrontare per una buona gestione delle scorte.

Osserviamo anzitutto che, poiché il livello di scorta dipende sostanzialmente da entrate ed uscite, la sua gestione si presenterà tanto più agevole quanto più regolari, e perciò prevedibili, saranno i flussi di entrata ed uscita.

In ogni caso, per poter realizzare un effettivo controllo sulle giacenze, occorrerà che il gestore abbia, nel modo più preciso possibile, informazioni riguardo entrate ed uscite, vincoli d'azienda e di mercato, costi connessi alle sue decisioni.

Presentiamo qui di seguito una scaletta che propone di quali informazioni debba disporre il gestore:

- *in merito alle entrate:*
 - quanti e quali sono i possibili fornitori e soprattutto conoscere le loro abitudini per ciò che concerne le consegne;
 - il tempo di approvvigionamento e sapere se esso è costante o variabile;
 - se il prezzo è costante durante tutto l'anno oppure se varia per effetto di stagionalità e di trend;
 - se esistono vincoli, da parte del fornitore, alla quantità ordinabile in ogni ordine;

- se si possono ordinare solo quantità multiple di lotti predeterminati, come, per esempio, quelle che completano un numero intero di carichi;
- *in merito alle uscite:*
 - occorre anzitutto poter stimare la domanda futura del prodotto;
 - se la domanda è costante nel corso dell'anno o soggetta a variazioni di tipo stagionale;
 - se la domanda presenta regolarità tali da poter essere ritenuta quasi nota a priori o ha un'elevata variabilità;
 - se il prodotto è deperibile o soggetto a obsolescenza;
 - se è prevedibile una rarefazione del prodotto sul mercato;
 - se il prodotto è succedaneo di altri;
 - quali e quanti sono i clienti attuali e futuri;
 - quali sono le abitudini dei clienti relativamente al ritiro della merce;
 - se i clienti non serviti immediatamente sono disposti ad attendere oppure ripiegano su prodotti succedanei o infine si rivolgono altrove;
 - quale onere deriva all'azienda dall'attesa dei clienti;
 - *in merito ai vincoli:* si è già detto di quelli che riguardano entrate ed uscite. Ma i vincoli più onerosi per la gestione delle scorte riguardano spesso quelli interni e, particolarmente, quelli di spazio destinato ad accogliere i prodotti da conservare.

Non ci siamo sicuramente dimenticati dei costi derivanti la gestione delle scorte, ma essendo un argomento un po' delicato, sul quale è conveniente soffermarsi con più attenzione, ne daremo una presentazione nel paragrafo che segue.

4.9. COSTI

Premettiamo che non è facile individuare, tra i numerosi costi aziendali, quelli che influenzano, in modo diretto o indiretto, la gestione delle scorte.

In pratica, di solito, si considerano costi di gestione delle scorte quelli, tra tutti i costi aziendali, che vengono direttamente influenzati dalle decisioni che si prendono in materia di scorte; tali sono:

- *il costo di acquisto*: è l'importo che deve essere pagato a chi ha fornito la merce. Solitamente questo costo non rientra tra quelli che interessano la gestione delle scorte perché, se il prezzo di acquisto è costante, cioè non varia in relazione alla quantità acquistata o in funzione dell'istante di acquisto, questo costo non influisce sulla scelta del quanto e quando acquistare. Se ne deve invece tener conto se il prezzo d'acquisto varia in relazione alla quantità acquistata; per esempio, se sono concessi sconti per acquisti rilevanti, oppure quando il prezzo varia nel tempo per effetto di svalutazione monetaria o di altre cause;
- *il costo di gestione dell'ordine*: è dato dalla somma di costi diversi quali:
 - *costi di preparazione ed emissione dell'ordine*. Si tratta di spese di tipo amministrativo costituite soprattutto dal costo del lavoro impiegato per svolgere le pratiche relative alla scelta del fornitore, all'emissione e al sollecito dell'ordine;
 - *costi di ricevimento* della merce ordinata, controllo e sua collocazione in magazzino;
 - *costi amministrativi* per contabilizzare le forniture e disporre i pagamenti;

- *costi di trasporto* se costanti e non inclusi nel prezzo d'acquisto della merce;
- *il costo di giacenza (o magazzinaggio)*: è il costo che si sostiene per conservare la merce a magazzino e deriva dal fatto che la merce occupa spazio, richiede manutenzione e, a volte, ha bisogno di opportuni trattamenti per conservare nel tempo le sue caratteristiche merceologiche, ma soprattutto immobilizza capitali. Si può quindi pensare dato dalla somma di costi diversi quali:
 - *interessi sul capitale investito*. Se il capitale è di credito, tale valore coincide con il tasso di interesse bancario, mentre se è proprio o concesso dai fornitori, è il tasso che si ricaverebbe dal medesimo capitale investito “al meglio” in impieghi alternativi;
 - *spese di assicurazione* sui materiali a scorta;
 - *spese di manutenzione* e di ammortamento per le attrezzature di magazzino;
 - *costo del personale* di magazzino;
 - *stampati, cancelleria, etc.*;
 - *costo di affitto* reale o figurativo del magazzino.

5. MODELLO DI GESTIONE DELLE SCORTE DELL'AZIENDA

Questo lavoro è nato principalmente dall'esigenza dell'azienda in cui si è svolto il mio stage di dover disporre di uno strumento utile per poter far fronte, con largo anticipo, alla variabilità del mercato e, allo stesso tempo, dare un supporto all'attività di emissione degli ordini della merce. La mia analisi si prefigge, come obiettivo, la costruzione di un modello di gestione delle scorte, utilizzando il software Excel, che minimizzi i costi di magazzino permettendo comunque all'azienda di soddisfare al meglio la domanda dei clienti.

La prima parte della tesi propone infatti un metodo di analisi di una serie storica molto efficace che ha permesso di individuare delle ottime previsioni della domanda. Questo ci permetterà di avere un modello di gestione delle scorte di magazzino altamente realistico e funzionale.

Come abbiamo visto in precedenza è utile capire quali sono i dati che l'azienda mette a nostra disposizione e i vincoli da dover porre per rispettare la realtà aziendale della Came Cancelli Automatici S.p.a.

Il modello che vogliamo utilizzare per la gestione delle scorte presuppone le seguenti ipotesi:

- per quanto concerne le entrate (cioè l'acquisto, il trasporto e l'ingresso della merce):
 - il prezzo-costo è noto, costante nel tempo, e non dipende dal numero delle unità acquistate in ogni ordine (quindi non ne terremo conto);
 - la quantità acquistata in ogni ordine viene consegnata in un'unica soluzione all'inizio del mese;
 - la merce viene acquistata a *pallet* (ogni *pallet* contiene una quantità fissa di merce per articolo);
 - il tempo di approvvigionamento è noto e costante;

- per quanto concerne le uscite:
 - gli articoli hanno una domanda prevista con intensità variabile nel tempo mentre il prezzo di vendita è costante nel tempo (quindi non ne terremo conto);
 - il livello di servizio offerto al cliente è pari al 95%;
 - l'articolo non è deperibile;

- per quanto concerne i vincoli:
 - il magazzino ha una capacità massima di merce contenuta per articolo;
 - la scorta di magazzino di ogni articolo non deve mai scendere al di sotto della scorta di sicurezza;
 - il numero di pallet ordinati deve essere intero;

- in merito ai costi:
 - riteniamo che il costo di giacenza sia proporzionale alla quantità di merce conservata a scorta a fine mese;
 - consideriamo il costo di ordinazione proporzionale al numero di ordini effettuati;
 - non teniamo conto del costo di acquisto visto che, come abbiamo detto precedentemente, il prezzo di acquisto è costante.

Per maggiore chiarezza indichiamo i simboli che utilizzeremo in seguito ed i relativi significati:

- $t = 1, 2, \dots, 12$, istante temporale (nel nostro caso i mesi dell'anno 2007);

- $i = 1, 2$, tipo di articolo;
- $P_i(t)$, numero di *pallet* da acquistare in un certo istante temporale;
- p_i , numero di pezzi di un articolo per *pallet*;
- $Q_i(t)$, quantità da acquistare in un certo istante temporale, $Q_i(t) = p_i \cdot P_i(t)$;
- $D_i(t)$, domanda prevista per un certo istante temporale;
- $Oa_i(t)$, ordini aperti, cioè si tratta solo di ordini lanciati dalla precedente gestione;
- $Si_i(t)$, quantità di merce in magazzino ad inizio mese;
- $Sf_i(t)$, quantità di merce in magazzino a fine mese;
- Cm_i , capacità massima di magazzino per articolo;
- SS_i , quantità minima da tenere in magazzino per articolo (scorta di sicurezza);
- z_i , funzione di ripartizione in relazione alla percentuale del livello di servizio;
- σ_i , deviazione standard della domanda prevista;
- LT_i , tempo di approvvigionamento per articolo (*lead time*);
- $O_i(t)$, è pari a 1 se in quell'istante temporale è stato effettuato un ordine, viceversa è pari a 0 se in quell'istante temporale non è stato effettuato nessun ordine;
- $Aus_i(t)$, variabile ausiliaria;
- k_i , costante;
- Cg_i , costo unitario di giacenza;
- Co_i , costo di gestione dell'ordine;
- $Ctot_i$, costo totale di magazzino per articolo.

Il problema di fondo dell'azienda rimane quello di decidere se è più conveniente fare pochi ordini di notevole entità, oppure molti ordini di dimensioni modeste.

Naturalmente, come è facile intuire, la soluzione migliore è unicamente funzione dei costi di gestione dell'ordine e giacenza.

Per risolvere al meglio questo problema abbiamo deciso di costruire un piano di ottimizzazione delle scorte (che in seguito chiameremo POS) che tenga conto dei vincoli dell'azienda e dell'obiettivo di quest'ultima. Per la costruzione del POS abbiamo utilizzato il calcolatore di Excel, sfruttando uno dei suoi strumenti chiamato "Risolutore".

5.1. ARTICOLO_1

Presentiamo passo per passo le fasi di costruzione del POS per l'ARTICOLO_1, partendo dai dati che l'azienda ha messo a nostra disposizione (vedi Fig. 1):

DATI:	
Costo unitario di giacenza (Cg)	3,81
Costo di gestione dell'ordine (Co)	90,00
Lead time (LT)	3
Scorta iniziale (Si)	1057
Scorta di sicurezza (SS)	498
Capacità di magazzino (Cm)	2000
Numero pezzi per pallet (p)	20
Costante (k)	3557

Fig. 1: dati del piano di ottimizzazione delle scorte (ART_1)

La scorta di sicurezza, a differenza degli altri dati, è stata calcolata in precedenza (come abbiamo visto nel paragrafo “La scorta di sicurezza”). Infatti, in una tabella costruita sempre nel foglio elettronico di Excel, abbiamo riassunto tutti i dati di cui il gestore ha bisogno per l'elaborazione del POS. Nella Fig. 1 le caselle, in cui sono visualizzati i dati, sono solo dei richiami della seguente tabella:

ARTICOLI	DESCRIZIONE	COSTO UNITARIO DI GIACENZA (€/pezzo)	COSTO DI GESTIONE DELL'ORDINE (€)	LEAD TIME (n° mesi)	SCORTA INIZIALE (n° pezzi)	CAPACITÀ DI MAGAZZINO (n° pezzi)	LIVELLO DI SERVIZIO (percentuale)	FUNZIONE DI RIPARTIZIONE (z)	SCORTA DI SICUREZZA (n° pezzi)	NUMERO PEZZI PER PALLET
ARTICOL_1	Motore scorrevole BX-B 230 V senza quadro el. 800 Kg	3,81	90,00	3	1057	2000	95%	1,84	498	20
ARTICOL_2	Scheda comando battente 230 V / 24 V microprocessore con ricevitore ZA3	1,55	90,00	3	4000	4000	95%	1,84	2083	20

Tab. 2: tabella riassuntiva dei dati a disposizione del gestore

Nella *Tab. 2* vengono inseriti, di volta in volta che l'azienda voglia modificare il proprio piano, il costo unitario di giacenza espresso in € al pezzo, il costo di gestione dell'ordine indicato anch'esso in €, il *lead time* che nel nostro caso si esprime in mesi, la scorta iniziale di articoli a magazzino ad inizio periodo, la capacità massima di articoli a scorta e il numero di pezzi per *pallet*. Inoltre, il dato riguardante la scorta di sicurezza viene automaticamente calcolato inserendo il livello di servizio, il *lead time* e la deviazione standard della domanda prevista come segue:

per l'ARTICOLO_1:

- $\sigma_1 = \sqrt{\text{Var}(D_1(t))} = \sqrt{30593.8788} = 174.9111$;
- $z_1 = 1.64$;
- $LD_1 = 3$;
- $SS_1 = 1.64 \cdot 174.9111 \cdot \sqrt{3} = 498$ (approssimato all'unità più vicina);

per l'ARTICOLO_2:

- $\sigma_2 = \sqrt{\text{Var}(D_2(t))} = \sqrt{534366.6288} = 731.0039$;
- $z_2 = 1.64$;
- $LD = 3$;
- $SS_2 = 1.64 \cdot 731.0039 \cdot \sqrt{3} = 2083$ (approssimato all'unità più vicina).

Dopo aver inserito i dati necessari, è opportuno passare alla vera e propria costruzione del POS che ci permetterà di proiettare la pianificazione delle scorte in avanti di 12 mesi (medio periodo).

Nella *Tab. 3* viene presentato il POS che abbiamo utilizzato in sede di questa tesi:

MESI:	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre
Domanda prevista (D(t))	963	1028	1050	632	1000	893	1031	613	981	874	1013	594
Ordini aperti (Oa(t))	900	900	900	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scorte iniziali (Si(t))	1057	994	866	716	504	504	511	500	507	506	512	499
Capacità magazzino (cm)	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
N° pallet da ordinare (Pr(t))	0	0	0	21	50	45	51	31	49	44	50	30
Quantità di pezzi da ordinare (Qr(t))	0	0	0	420	1000	900	1020	620	980	880	1000	600
Scorte finali (Sf(t))	994	866	716	504	504	511	500	507	506	512	499	505
Livello scorta di sicurezza (SS)	498	498	498	498	498	498	498	498	498	498	498	498
Ordine (O(t))	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Auxiliaria (Aus)	0	0	0	3557	3557	3557	3557	3557	3557	3557	3557	3557

Fig. 2: Piano di Ottimizzazione delle Scorte (ART_1)

Come possiamo vedere dalla Fig. 2 il POS in oggetto contiene 10 righe; qui di seguito presenteremo ognuna di queste spiegando quali sono i vincoli che le mettono in relazione e le variabili del problema da modellare.

Riga 1: rappresenta il vettore contenente $D_1(t)$ (ad esempio $D_1(1)$ indica la domanda prevista per il mese di gennaio 2007).

Domanda prevista ($D(t)$)	963	1028	1050	632	1000	893	1031	613	981	874	1013	594
-----------------------------	-----	------	------	-----	------	-----	------	-----	-----	-----	------	-----

Riga 2: rappresenta il vettore contenente $Oa_1(t)$ (ad esempio $Oa_1(1)$ indica la quantità di merce in arrivo ad inizio gennaio 2007).

Ordini aperti ($Oa(t)$)	900	900	900	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------------------------	-----	-----	-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Riga 3 e riga 4: rappresentano rispettivamente i vettori contenenti $Si_1(t)$ e Cm_1 . Questi due vettori rappresentano un vincolo dell'azienda da rispettare, infatti $Si_1(t) \leq Cm_1$. Il vettore della scorta iniziale si calcola: $Si_1(t) = Sf_1(t-1)$ mentre per $t=1$ la scorta iniziale è data dal numero di pezzi presenti a scorta alla fine dell'anno 2006. Per quanto riguarda Cm_1 , questa quantità viene fornita dall'azienda in base alla portata del proprio magazzino.

Scorte iniziali ($Si(t)$)												
	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=
Capacità magazzino (Cm)	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000

Riga 5: rappresenta il vettore contenente la variabile da modellare $P_1(t)$. Inoltre, in relazione a tale variabile, abbiamo posto il vincolo di interezza di $P_1(t)$, poiché l'azienda può acquistare solo interi *pallet*.

N° pallet da ordinare ($P(t)$)												
----------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Riga 6: rappresenta il vettore contenente $Q_1(t)$ e viene calcolato in questo modo:
 $Q_1(t) = P_1(t) \cdot p_1$.

Quantità di pezzi da ordinare ($Q(t)$)												
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Riga 7 e Riga 8: rappresentano rispettivamente i vettori contenenti $Sf_1(t)$ e SS_1 . Un altro vincolo da rispettare è proprio quello che mette in relazione queste due grandezze, infatti la scorta di fine mese non può mai scendere al di sotto del livello di sicurezza: $Sf_1(t) \geq SS_1$. La formula per calcolare il vettore $Sf_1(t)$ è la seguente:
 $Sf_1(t) = Oa_1(t) + Si_1(t) + Q_1(t) - D_1(t)$.

Scorte finali (Sf(t))												
	>=	>=	>=	>=	>=	>=	>=	>=	>=	>=	>=	>=
Livello scorta di sicurezza (SS)	498	498	498	498	498	498	498	498	498	498	498	498

Riga 9: rappresenta il vettore contenente la seconda variabile da modellare $O_1(t)$ e i valori contenuti in tale vettore hanno il vincolo di essere espressi in forma binaria.

Ordine (O(t))												
---------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Riga 10: rappresenta il vettore contenente $Aus_1(t)$ e si calcola: $Aus_1(t) = O_1(t) \cdot k_1$. La

costante $k_1 = \frac{\sum_{t=1}^{12} D_1(t)}{3}$ e il calcolo di quest'ultima è dovuto dal fatto che $Aus_1(t)$ deve essere un numero abbastanza grande. L'esigenza di costruire questa variabile ausiliaria dipende dal dover creare una relazione lineare tra le due variabili descritte in precedenza; infatti porremo un nuovo vincolo in questo problema che rappresenteremo come segue: $Q_1(t) \leq Aus_1(t)$. Se $O_1(t) = 0 \Rightarrow Aus_1(t) = 0$ allora $Q_1(t) = 0$, mentre se $O_1(t) = 1 \Rightarrow Aus_1(t) = k_1$ allora $Q_1(t) > 0$.

Ausiliaria (Aus)	0	0	0	3557	3557	3557	3557	3557	3557	3557	3557	3557
------------------	---	---	---	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Infine, la parte fondamentale di costruzione di un modello di ottimizzazione è rappresentata dalla sua funzione obiettivo. Questa funzione indica lo scopo che il POS deve perseguire e, normalmente, viene espressa come la minimizzazione dei

costi oppure la massimizzazione dei profitti. Nell'ambito di questa tesi, l'azienda ha come obiettivo principale l'abbassamento massimo dei costi di magazzino, in modo da poter comunque coprire la domanda della clientela e allo stesso tempo permettere all'azienda di affrontare situazioni non previste.

Nella tabella che segue presentiamo quest'ultima parte del POS:

The screenshot displays a POS interface with the following data:

COSTI													
Costo di gestione mensile		gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre
3568,58		3120,47	2394,93	1819,59	1819,59	1944,83	1805,12	1830,39	1828,78	1848,44	1801,51	1823,17	
Costo di gestione dell'ordine		0,00	0,00	0,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00
Costo totale (Casi)		20829,34											

Fig. 3: Funzione obiettivo del POS (ART_1)

Si può notare nella Fig. 3 che la funzione obiettivo consta di 3 righe; Ci soffermiamo su ognuna di queste per vedere meglio il loro funzionamento.

Riga 1: rappresenta il vettore contenente $Cg_1 \cdot Sf_1(t)$; contenuto in esso troviamo il costo di giacenza imputato all'azienda ogni mese.

Costo di giacenza mensile														
---------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Riga 2: rappresenta il vettore contenente $Co_1 \cdot O_1(t)$; questo vettore contiene il costo di gestione dell'ordine che l'azienda deve affrontare nel caso venga lanciato un ordine.

Costo di gestione dell'ordine														
-------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Riga 3: rappresenta la funzione obiettivo $Ctot_1$ ed è calcolato:

$$\sum_{t=1}^{12} Cg_1 \cdot Sf_1(t) + \sum_{t=1}^{12} Co_1 \cdot O_1(t)$$
 Quello che l'azienda vuole è minimizzare tale funzione e nel seguito presenteremo in che modo questo possa essere fatto.

Costo totale (Ctot)	
---------------------	--

Quello che abbiamo descritto fino ad ora sono le fasi di costruzione di un piano di ottimizzazione funzionale alle richieste dell'azienda in cui ho lavorato. Ma la fase più importante è rappresentata dalla risoluzione del problema ed a tale scopo Excel fornisce uno strumento, che abbiamo già citato in precedenza, chiamato "Risolutore".

Questo utilissimo strumento, che presenteremo qui di seguito, permette di minimizzare la funzione obiettivo in relazione ad i vincoli imposti, fornendo i dati relativi alle variabili che abbiamo descritto.

Nella *Fig. 4* viene raffigurata la finestra del "Risolutore" di Excel:

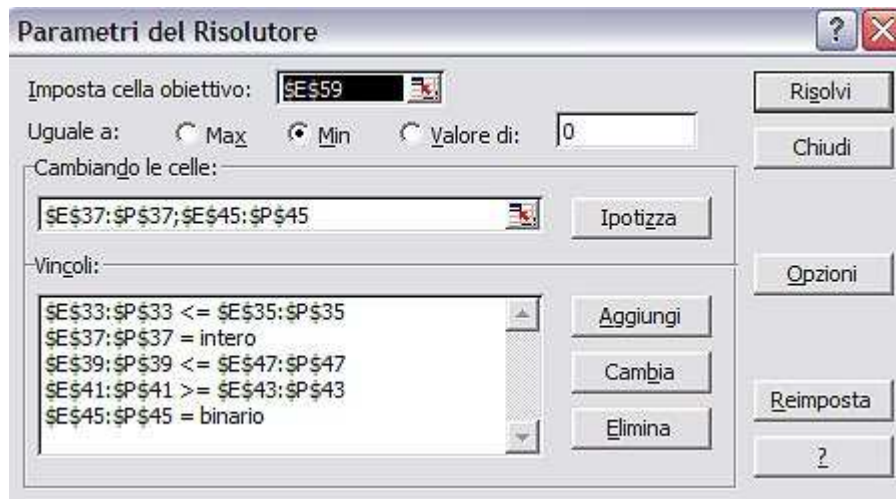


Fig. 4: finestra del “Risolutore” di Excel

Da come è possibile notare nell’output di Fig. 4, per poter utilizzare il risolutore bisogna inserire i parametri che riguardano la funzione obiettivo, le variabili da modellare ed i vincoli del problema. Inoltre si vede che i parametri inseriti sono espressi in funzione delle celle di Excel in cui sono contenuti, perciò adesso spiegheremo passo per passo quali sono stati i parametri che noi abbiamo inserito per poter risolvere questo problema di ottimizzazione.

1° inserimento: il primo parametro da inserire è quello che fa riferimento alla funzione obiettivo, quindi in “Imposta cella obiettivo:” inseriamo “ C_{tot_1} ” e in “Uguale a:” sceglieremo la casella “Min” visto che ciò che si vuole è minimizzare tale funzione.

2° inserimento: bisogna inserire i parametri riguardanti le variabili da modellare, quindi in “Cambiando le celle:” inseriremo rispettivamente “ $P_1(t)$ ” e “ $O_1(t)$ ” separati da un “;” (proprietà standard del “Risolutore”).

3° inserimento: a questo punto, si devono inserire i vincoli a cui la funzione obiettivo deve fare riferimento, quindi nel riquadro intitolato “Vincoli:” inseriamo “ $S_{i_1}(t) \leq C_{m_1}$ ”, “ $P_1(t) = \text{int}$ ”, “ $Q_1(t) \leq A_{us_1}$ ”, “ $S_{f_1}(t) \geq SS_1$ ”, “ $O_1(t) = \text{binario}$ ”.

Inoltre, bisogna specificare che si presuppone l’utilizzo di un modello di ottimizzazione lineare e che le variabili da modellare hanno dominio: $[0, +\infty]$; si deve, quindi, selezionare la voce “Opzioni” presente in Fig. 4 e nella finestra che si apre

selezionare le caselle nominate “Presupponi modello lineare” e “Presupponi non negativo” come raffigurato in Fig. 5:



Fig. 5: finestra delle “Opzioni” del risolutore

Dopo aver impostato anche questi due parametri selezionare la voce “OK” per tornare alla finestra di Fig. 4 e digitare la voce “Risolvi” per inizializzare la procedura di iterazione del “Risolutore” fino al ritrovamento della soluzione ottima che minimizza la nostra funzione obiettivo.

I risultati ottenuti attraverso questo strumento sono i seguenti:

- vettore variabile $P_1(t)$ e in relazione il vettore contenente $Q_1(t)$;

N° pallet da ordinare ($P(t)$)	0	0	0	21	50	45	51	31	49	44	50	30
----------------------------------	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Quantità di pezzi da ordinare ($Q(t)$)	0	0	0	420	1000	900	1020	620	980	880	1000	600
--	---	---	---	-----	------	-----	------	-----	-----	-----	------	-----

- vettore variabile $O_1(t)$;

Ordine ($O(t)$)	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
-------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

- funzione obiettivo C_{tot_1} in relazione ai vettori contenenti $C_{g_1} \cdot S_{f_1}(t)$ e $C_{o_1} \cdot O_1(t)$;

Costo totale (Ctot)	26529,34
----------------------------	-----------------

Costo di giacenza mensile	3588,58	3128,47	2584,93	1819,58	1819,58	1844,83	1805,12	1830,39	1828,78	1848,44	1801,51	1823,17
----------------------------------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

Costo di gestione dell'ordine	0,00	0,00	0,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00
--------------------------------------	------	------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Il procedimento descritto fino ad ora ha portato all'identificazione della quantità ottima da ordinare affrontando un costo di magazzino pari a 26529.34€. Ma il lavoro non è terminato. Per facilitare l'azienda, abbiamo voluto costruire un ulteriore piano con la mansione di indicare al personale competente quando lanciare l'ordine, in modo tale da poter avere l'articolo a magazzino nel momento del bisogno. Avevamo già detto nel corso di questo lavoro che il tempo di approvvigionamento (*lead time*) è noto. C'è da dire, inoltre, che l'azienda vuole disporre della merce a magazzino ad inizio mese, perciò l'Ufficio Acquisti dovrà emettere l'ordine come presentato nel piano che segue:

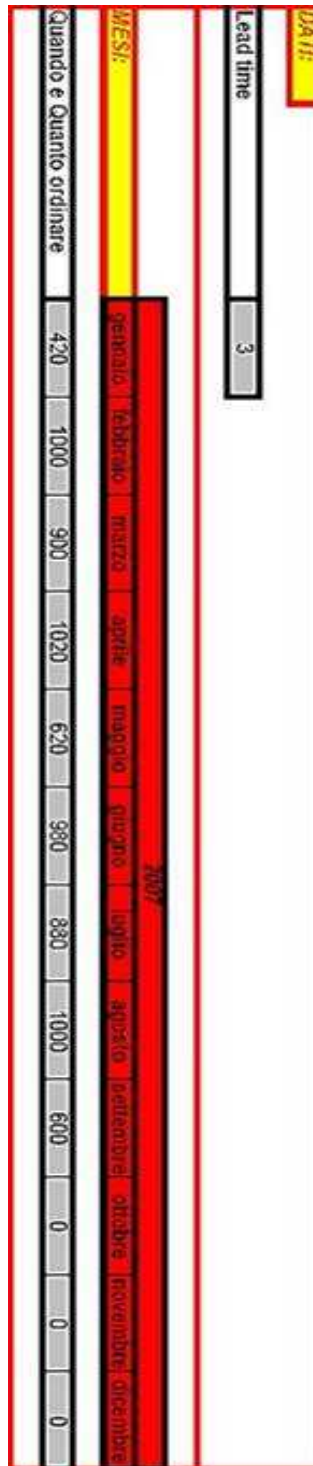


Fig. 6: Piano di riordino (ART_1)

Rappresentiamo graficamente l'andamento delle scorte di magazzino dell'ARTICOLO_1 e il livello della scorta di sicurezza:

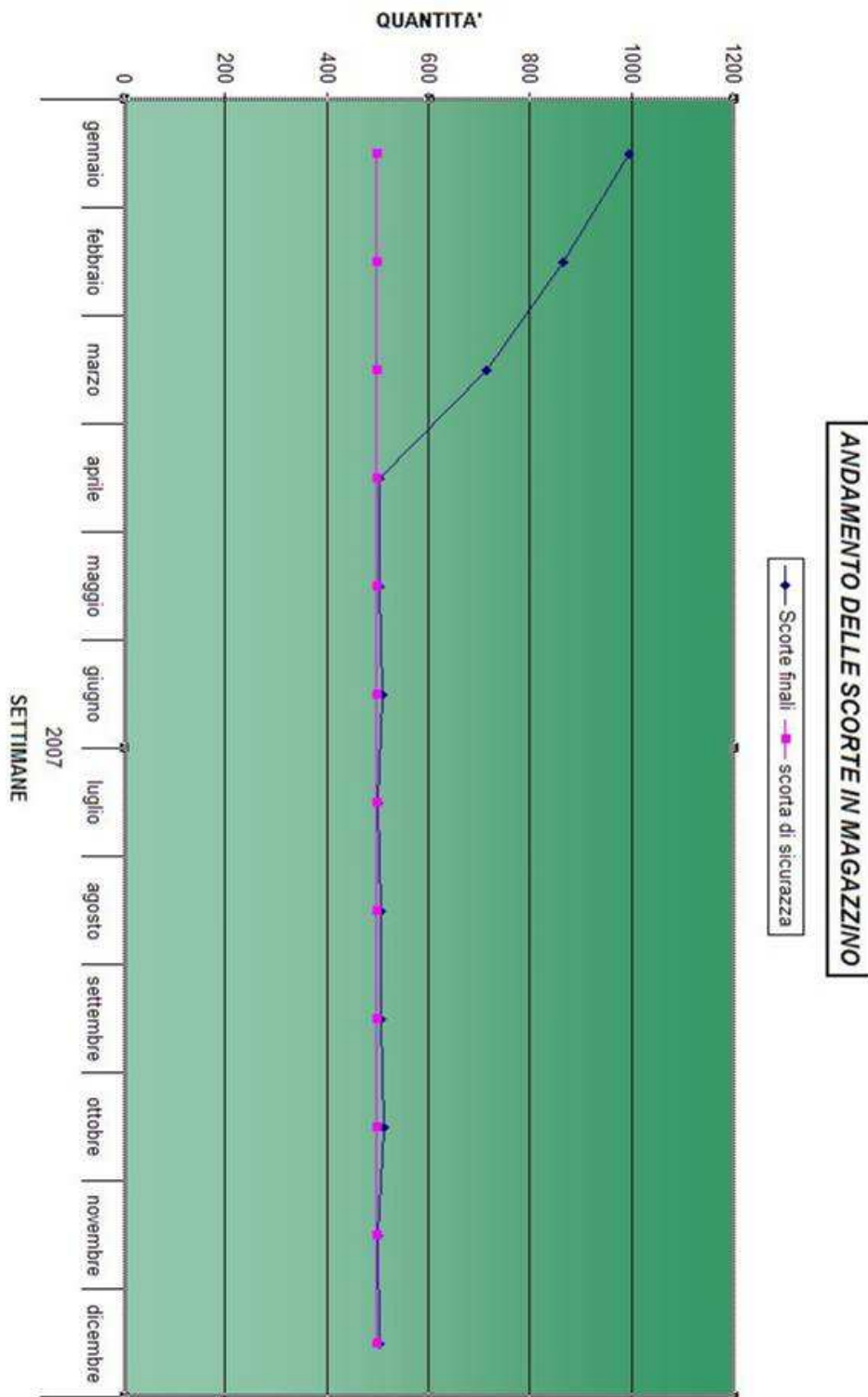


Fig. 7: grafico dell'andamento delle scorte (ART_1)

Possiamo vedere dal grafico che il livello delle scorte da tenere in magazzino è praticamente simile al livello della scorta di sicurezza: questo avviene in quanto la politica dell'azienda si basa sulla soddisfazione della clientela e quindi essa punta a tenere un elevato livello di servizio, ma c'è da tener conto anche della significativa

variabilità della domanda. Questi due fattori, essendo in stretta relazione con la quantità da tenere come scorta di sicurezza, ne determinano un elevato livello.

Un' ulteriore considerazione da fare è in merito al costo di gestione dell'ordine, in quanto, essendo questo costo molto basso in proporzione al costo di giacenza, è normale che il POS consideri migliore l'alternativa di ordinare ogni mese la quantità sufficiente per coprire la domanda e tenga il livello di scorta al minimo, cioè, come in questo caso, quasi alla pari con la scorta di sicurezza.

5.2. ARTICOLO_2

Lo stesso POS che abbiamo costruito può essere utilizzato anche per l'ARTICOLO_2, modificandone solamente i dati in ingresso. A proposito di quanto detto, e quindi per non essere ripetitivi, non presenteremo nuovamente le fasi di costruzione del POS dell'ARTICOLO_2, ma forniremo esclusivamente i risultati ottenuti.

Come prima cosa, di seguito, riportiamo i dati messi a disposizione dall'azienda:

DATI:	
Costo unitario di giacenza	1,55
Costo di gestione dell'ordine	90,00
Lead time	3
Scorta iniziale	4000
Scorta di sicurezza	2083
Capacità di magazzino	4000
Numero pezzi per pallet	20
Costante	0

Fig. 8: dati del piano di ottimizzazione delle scorte (ART_2)

Riportiamo anche il POS dell'ARTICOL_2:

MESI:	2007											
	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre
Domanda prevista (D(i))	2762	3370	3831	2332	2622	3456	4251	2113	4137	2238	3435	3134
Ordini aperti (Oa(i))	2700	2700	2700	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scorte iniziali (SI(i))	4000	3938	3268	2137	2085	2083	2087	2096	2083	2086	2088	2093
Capacità magazzino (cm)	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=	<=
Capacità magazzino (cm)	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
N° pallet da ordinare (Pi(i))	0	0	0	114	131	173	213	105	207	112	172	157
Quantità di pezzi da ordinare (Qi(i))	0	0	0	2280	2620	3460	4280	2100	4140	2240	3440	3140
Scorte finali (SF(i))	3938	3268	2137	2085	2083	2087	2096	2083	2086	2088	2083	2089
Livello scorta di sicurezza (SS)	>=	>=	>=	>=	>=	>=	>=	>=	>=	>=	>=	>=
Livello scorta di sicurezza (SS)	2083	2083	2083	2083	2083	2083	2083	2083	2083	2083	2083	2083
Ordine (O(i))	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Auxiliaria (Aus)	0	0	0	12560	12560	12560	12560	12560	12560	12560	12560	12560

Fig. 9: Piano di Ottimizzazione delle Scorte (ART_2)

Abbiamo visto in precedenza come utilizzare il “Risolutore” di Excel; questo utile strumento ci permetterà anche in questo caso di arrivare alla soluzione ottima.

I risultati ottenuti attraverso questo strumento sono i seguenti:

- vettore variabile $P_2(t)$ e in relazione il vettore contenente $Q_2(t)$;

N° pallet da ordinare ($P(t)$)	0	0	0	114	131	173	213	105	207	112	172	157
----------------------------------	---	---	---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Quantità di pezzi da ordinare ($Q(t)$)	0	0	0	2280	2620	3460	4260	2100	4140	2240	3440	3140
--	---	---	---	------	------	------	------	------	------	------	------	------

- vettore variabile $O_2(t)$;

Ordine ($O(t)$)	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
-------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

- funzione obiettivo C_{tot_2} in relazione ai vettori contenenti $C_{g_2} \cdot S_{f_2}(t)$ e $C_{o_2} \cdot O_2(t)$;

Costo totale (C_{tot})	44536,85
----------------------------	----------

Costo di giacenza mensile	8118,82	5077,82	3320,34	3239,54	3236,44	3242,85	3258,64	3236,44	3241,10	3244,21	3251,97	3261,30
---------------------------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

Costo di gestione dell'ordine	0,00	0,00	0,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00
-------------------------------	------	------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Siamo giunti, quindi, all'identificazione della quantità ottima da ordinare in modo da ridurre i costi al minimo e, cioè, pari a 44536.85€. Procediamo ora inserendo il piano di riordino e il grafico dell'andamento delle scorte di magazzino per l'anno 2007 dell'ARTICOLO_2:

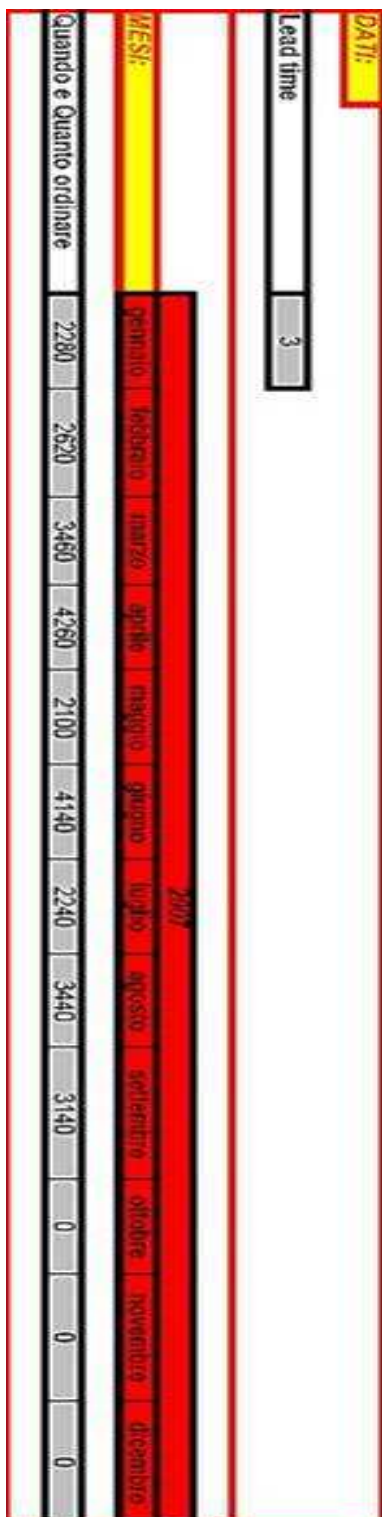
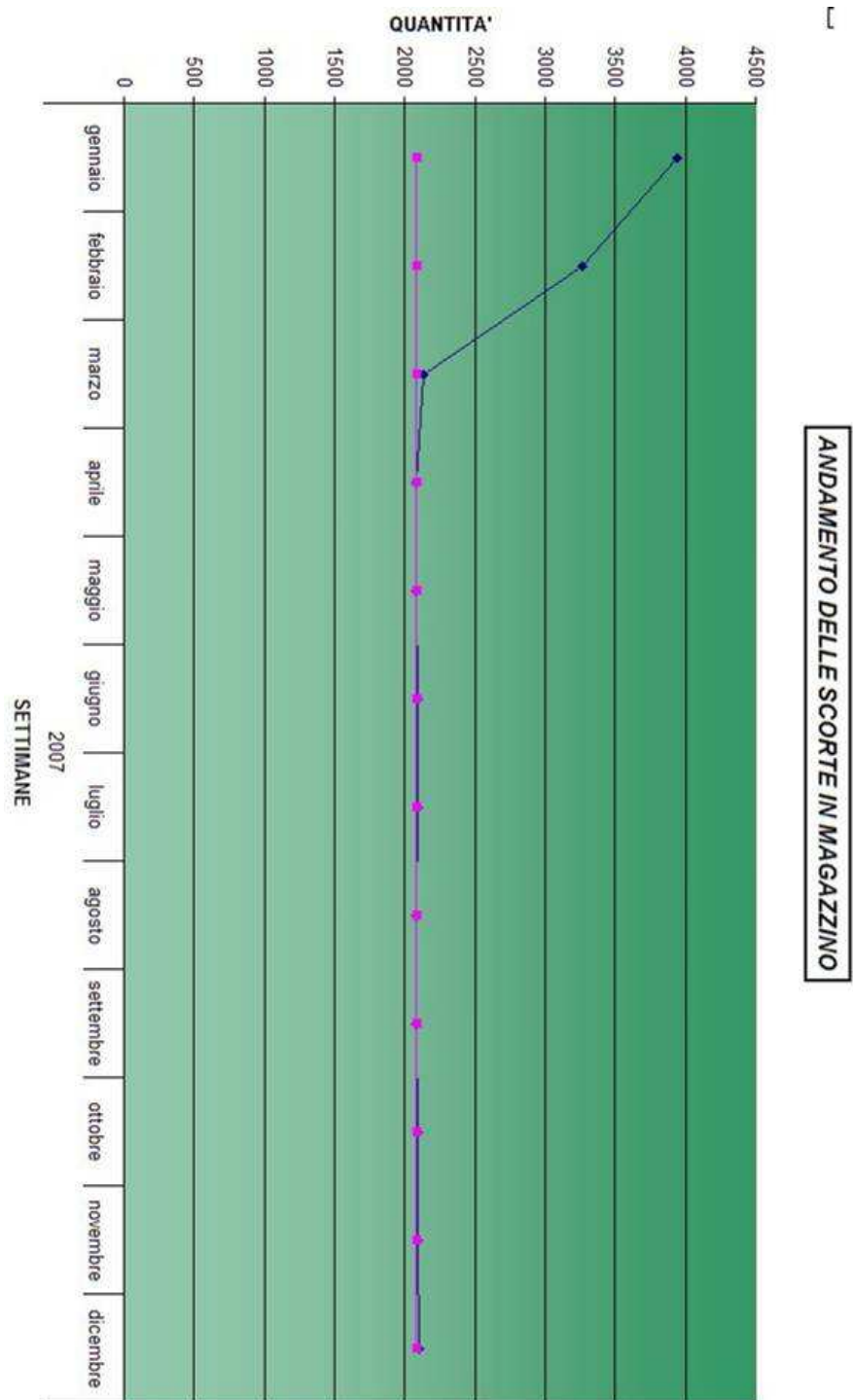


Fig. 10: piano di riordino (ART_2)



Dal grafico e dai risultati ottenuti è possibile vedere come l'andamento delle scorte sia simile, anche per l'ARTICOLO_2, al livello della scorta di sicurezza: questo per gli stessi motivi descritti in precedenza per l'ARTICOLO_1.

CONCLUSIONE

Il lavoro compiuto durante lo stage, in merito ai 2 articoli considerati, ha permesso di ottenere delle previsioni che, in ogni caso, contengono sempre un vincolo ineliminabile: non si può affermare che il modello è accettabile senza supporre che il meccanismo generatore dei dati sia stabile. Per questo motivo, la bontà delle previsioni dipende dai dati, dall'efficacia del modello, ma anche dalla stabilità del meccanismo generatore delle osservazioni. Infatti, tutti i modelli falliscono di fronte a eventi eccezionali e a cambiamenti improvvisi di natura strutturale. Ma come abbiamo constatato, analizzando le serie storiche dell'ARTICOLO_1 e dell'ARTICOLO_2, le previsioni attraverso i modelli ARIMA sono ottime nel nostro caso, visto che la loro superiorità si esplica nel breve-medio periodo, in quanto, sono previsioni con funzioni matematiche a coefficienti adattivi, cioè si basano sulle ultime osservazioni, e quindi sono capaci di tener conto dei più recenti mutamenti intervenuti nella dinamica della serie. Quindi, sia io che l'azienda, siamo rimasti soddisfatti dalle previsioni ottenute. Possiamo dire, che questa previsione altamente realistica, mi ha permesso di costruire un Piano di Ottimizzazione delle Scorte dinamico, perfettamente funzionale e soprattutto utile all'azienda come strumento di gestione e simulazione.

Abbiamo visto come tale piano, creato per l'ARTICOLO_1 e l'ARTICOLO_2, rispecchia in modo abbastanza coerente la politica della Came Cancelli Automatici S.p.a. e, cioè, mette in luce come la soddisfazione del cliente sia la causa principale degli elevati costi di magazzino. Ma, in un mercato di continui cambiamenti come quello che l'azienda deve affrontare, è giusto dare un'importanza fondamentale al cliente per poter fronteggiare ogni tipo di concorrenza.

In funzione delle scorte, inoltre, precisiamo che sia esse che il loro controllo sono un problema non solo di tecnologia, ma anche di rapporti tra tecnologia ed ambiente esterno dell'azienda (mercato, ad esempio, e la sua variabilità): abbiamo, infatti, messo in luce nel precedente capitolo, come esista una possibilità di ottimizzare il

rapporto tra ambiente e tecnologia in una scelta che sia ottimale sul piano della gestione delle scorte. Una completa identificazione del livello ottimale delle scorte è un obiettivo di esperti di sistema che sappiano percepire la dimensione aziendale in cui operano, come quella di un sistema aperto, un sistema, cioè, in cui tecnologia ed ambiente interagiscono e in cui, quindi, è operando sulle variabili di entrambi i sottosistemi che le soluzioni ottimali vengono identificate. Proprio in merito a quest'ultima osservazione, sono soddisfatto del mio lavoro, perché in questi mesi di stage ho saputo conoscere l'ambiente aziendale di cui ho fatto parte, traendone dei grandi benefici al momento della realizzazione del Piano di Ottimizzazione delle Scorte.

Spero che il lavoro descritto in questa tesi risulti utile all'azienda come strumento per affrontare le proprie decisioni.

Concludo dicendo che questa tesi ha rappresentato per me una fase di crescita a livello culturale e didattico, grazie all'apprendimento di nuove tecniche e all'approfondimento delle conoscenze ottenute durante il mio periodo formativo.

RINGRAZIAMENTI

Un ringraziamento particolare ai miei genitori che mi hanno sempre sostenuto, sia moralmente che economicamente, durante tutti i miei anni di studio. Inoltre ringrazio i due tutor aziendali, Riccardo Samiolo e Paolo Zanella, che mi hanno seguito ed aiutato durante il mio periodo di stage. E' doveroso ringraziare, anche, la Came Cancelli Automatici S.p.a., la quale mi ha fornito i mezzi e gli strumenti necessari per svolgere al meglio questo lavoro.

BIBLIOGRAFIA

T. Di Fonzo, F. Lisi, *Serie storiche economiche*, Roma, Carocci editore, 2005.

V. Ricci, *Analisi delle serie storiche con R*, Internet, 2005.

Link: <http://cran.r-project.org/doc/contrib/Ricci-ts-italian.pdf>.

D. Piccolo, *Introduzione all'analisi delle serie storiche*, Roma, NIS, 1990.

D. Piccolo, *Analisi moderna delle serie storiche*, Milano, Angeli Editore, 1983.

G. De Witt, *La gestione delle scorte*, Milano, Franco Angeli Editore, 1978.

G. Urgeletti Tinarelli, *La gestione delle scorte nelle imprese commerciali e di produzione*, Milano, Etas s.r.l., 1992.

G. Di Cristofano, *Il controllo delle scorte in azienda*, Milano, Gruppo Editoriale Fabbri, Bompiani, Sonzogno, Etas S.p.a., 1990.

L. Farina, *Modelli Dinamici per l'Ingegneria Gestionale*, Facoltà di Ingegneria, Roma.

A. Fuser, *L'organizzazione d'impresa*, Tramontana.

Candiotto, Spano, Turolla, *Logistica e magazzino*, Giuffrè Editore.