

❖ CORSO DI “Gestione della Produzione Industriale 2”



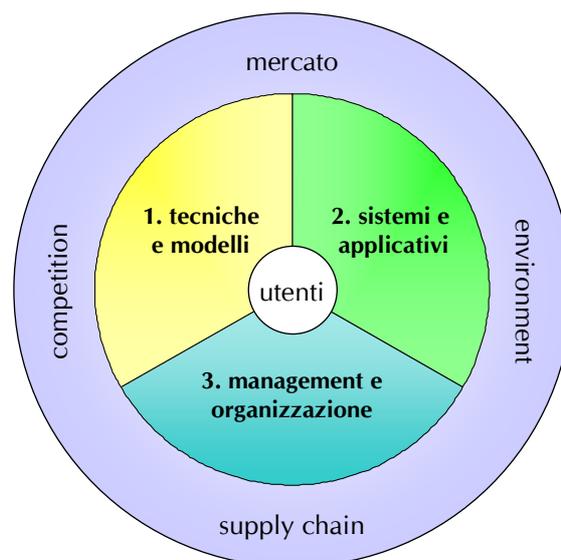
**STRATEGIE E TECNICHE DI DEMAND
PLANNING AND SALES FORECASTING**

Prof. Fabrizio Dallari

Università Carlo Cattaneo
Istituto di Tecnologie
e-mail: fdallari@liuc.it

1

❖ IL PROCESSO PREVISIONALE



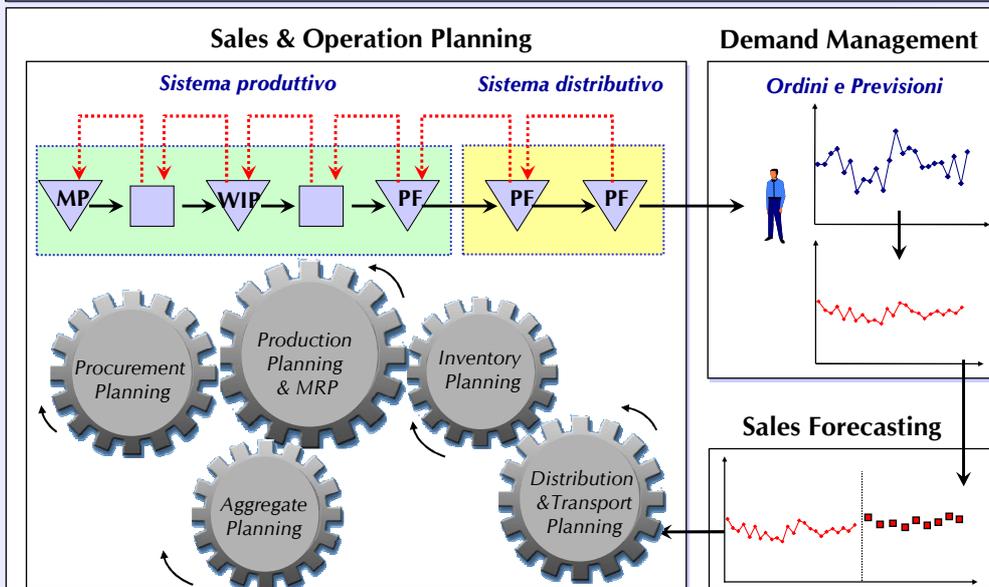
2

❖ **INDICE DEGLI ARGOMENTI TRATTATI**

- ❑ ruolo delle previsioni nel processo di pianificazione
- ❑ analisi delle serie storiche
- ❑ modelli basati sullo smorzamento esponenziale
- ❑ fasi del processo di implementazione
- ❑ monitoraggio delle previsioni (indicatori dell'errore)
- ❑ applicazioni numeriche e casi aziendali

3

❖ **LA PREVISIONE E IL PROCESSO DI PIANIFICAZIONE**



4

❖ F.A.Q. (Frequently Asked Questions)

PREVEDERE ...



... PERCHÉ ?

... COSA ?

... QUANDO ?

... CHI ?

... COME ?

... QUANTO COSTA ?

5

❖ PERCHÉ PREVEDERE ?

| | Fasi del ciclo produttivo - distributivo | | | | Alternative produttive |
|-------------------|--|------------|--------------|------------|--|
| | Approvvigion. | Produzione | Assemblaggio | Spedizione | |
| Engineer to order | ← Non sono richieste previsioni → | | | | - prodotto personalizzato su commessa |
| Make to order | Previsioni su materie prime | ← → | | | - prodotto standard su ordine |
| Assembly to order | Previsioni su materie prime e componenti | | ← → | | - prodotto personalizzato su moduli standard |
| Make to stock | Previsioni su materie prime, componenti e prodotti finiti | | | ← → | - produzione di serie |
| Ship to stock | Previsioni su materie prime, componenti e prodotti finiti (disaggregata) | | | | - beni di largo consumo |

↔ Lead Time accettato dai clienti / consentito dal mercato

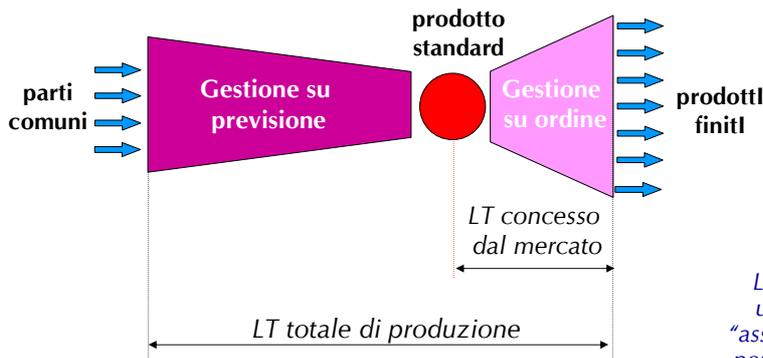
6

❖ **PERCHÉ PREVEDERE ?**

Ordine vs. Previsione

Principio del "Postponement" : differenziare i prodotti il più tardi possibile

La struttura del prodotto, in termini di rapporto tra il numero di componenti diversi e di opzioni di prodotto finito, condiziona il punto nel quale collocare la "cerniera"

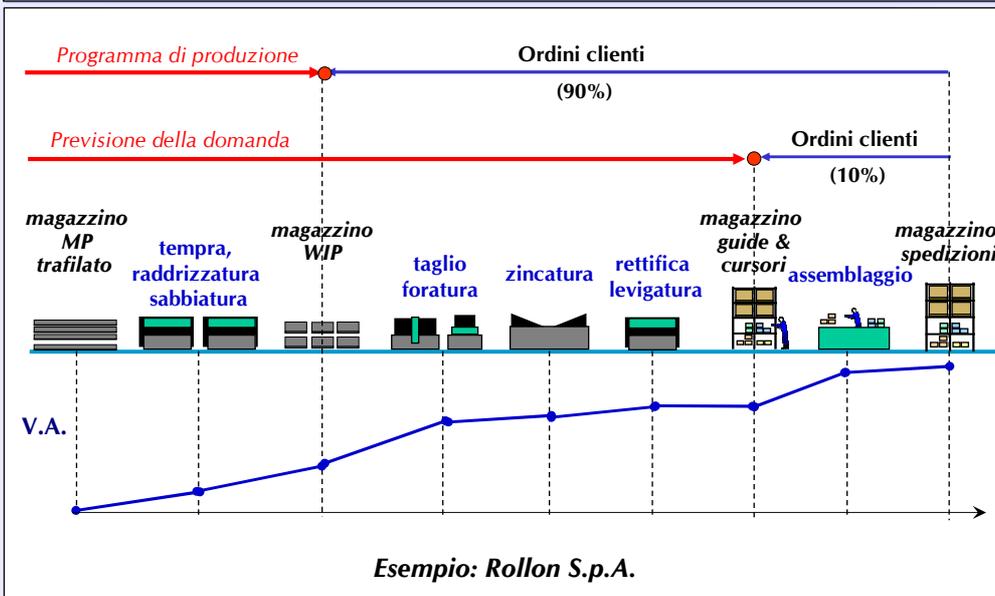


*Esempio:
La DELL adotta
una politica di
"assembly to order"
per consegnare PC
su misura in 48 ore*

7

❖ **PERCHÉ PREVEDERE ?**

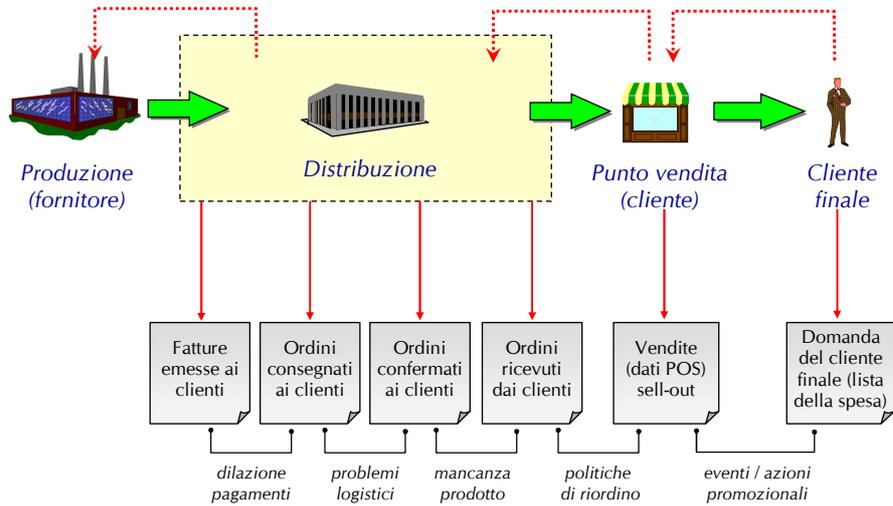
Ordine vs. Previsione



8

❖ COSA PREVEDERE ?

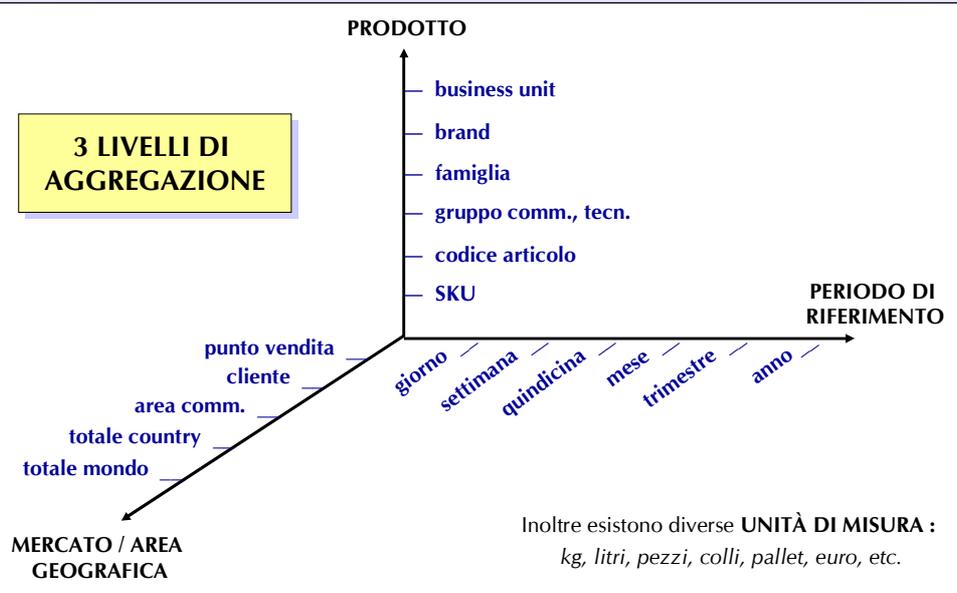
Si parla di previsioni della "domanda" ma spesso si fanno previsioni delle "vendite"



9

❖ COSA PREVEDERE ?

3 LIVELLI DI AGGREGAZIONE



10

❖ QUANDO PREVEDERE ?

ORIZZONTE TEMPORALE DI PREVISIONE

❖ LUNGO TERMINE (> 2 ÷ 3 ANNI)

DECISIONI STRATEGICHE

(pianificazione per divisioni, linee di prodotto, mercati)

Previsioni su :

vendite totali, capacità produttiva, modello di distribuzione, lancio di nuovi prodotti, ...

❖ MEDIO TERMINE (1 ÷ 2 ANNI)

DECISIONI TATTICHE

(budget annuale; previsioni aggregate)

vendite totali e per linee di prodotto, prezzi per linee di prodotto, condizioni generali economiche...

❖ BREVE TERMINE (0 ÷ 6 MESI)

DECISIONI OPERATIVE

(previsioni disaggregate su base settimanale e mensile)

vendite per codice prodotto, per area geografica, per cliente, prezzi e volumi ...

11

❖ GERARCHIA DELLA PIANIFICAZIONE

| | <i>Livello di dettaglio</i> | <i>Obiettivo</i> | <i>Aggiornamento</i> |
|--------------------------------|-----------------------------|---|--|
| Piano aziendale | Segmento di mercato | Redditività/ sviluppo aziendale | Poliennale/annuale |
| Piano vendite | Famiglia | Fatturato | Annuale con dettaglio mensile |
| Piano aggregato (budget) | Famiglia/unità produttiva | Bilanciamento risorse/domanda | Annuale con dettaglio mensile |
| Piano principale di produzione | Famiglia/prodotto | Livellamento, lottizzazione, sequencing | Mensile/settimanale |
| MRP | Codice articolo | Prevedere fabbisogni materiali e capacità Programmare linee Emettere ordini di rifornimento | Settimanale / giornaliero con dettaglio orario |
| Programma operativo | | | |

12

❖ LEGGE DI PROPAGAZIONE DEGLI SCARTI

L'accuratezza delle previsioni :

- 
ALL'AUMENTARE DEL LIVELLO DI AGGREGAZIONE DI PRODOTTO
(es. la previsione fatta a livello di famiglia di prodotto risulta più accurata rispetto alla previsione ottenuta a partire dai singoli prodotti)
- 
ALL'AUMENTARE DEL LIVELLO DI AGGREGAZIONE NEL TEMPO
(es. la previsione fatta su base mensile risulta più accurata rispetto alla previsione ottenuta per le singole settimane)
- 
ALL'AUMENTARE DEL LIVELLO DI AGGREGAZIONE NELLO SPAZIO
(es. la previsione fatta sul totale vendite Italia risulta più accurata rispetto alla previsione ottenuta per le singole Regioni)
- 
ALL'AUMENTARE DELL'ORIZZONTE PREVISIONALE
(tanto più è lontano il momento in cui si vuole prevedere quanti più sono gli eventi casuali di disturbo)

13

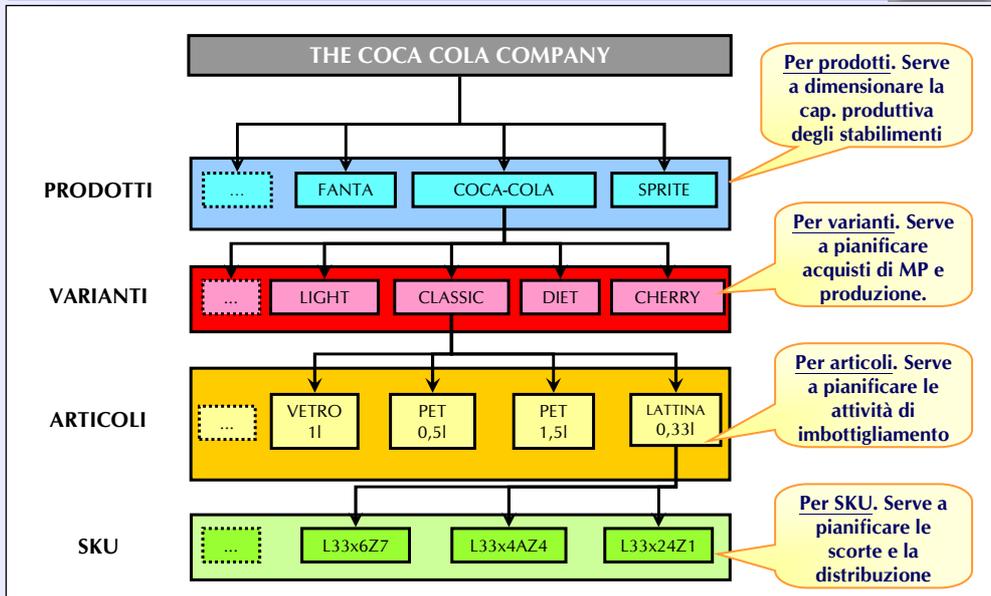
❖ CHI DEVE PREVEDERE CHE COSA ?

Le principali funzioni aziendali effettuano previsioni con differenti obiettivi, livelli di aggregazione, unità di misura, periodi di riferimento e orizzonti previsionali

| | Marketing / Vendite | Produzione / Acquisti | Contabilità / Finanza | Logistica |
|---|--|---|---|--|
| Esigenze previsionali | <ul style="list-style-type: none"> ▪ analisi nuovi prodotti ▪ trend consumi ▪ nuovi canali commer. ▪ politiche di prezzo ▪ effetto promozioni ▪ obiettivi di vendita | <ul style="list-style-type: none"> ▪ approv. MP/WIP ▪ piano di produzione ▪ capacità produttiva ▪ investimenti ▪ manodopera ▪ costo materiali | <ul style="list-style-type: none"> ▪ costo del denaro ▪ richieste di capitale ▪ liquidità ▪ tassi e cambi ▪ profitti e perdite | <ul style="list-style-type: none"> ▪ gestione scorte PF ▪ piano consegne ▪ addetti magazzino ▪ capacità stoccaggio ▪ capacità movimentaz. |
| Livello di aggregazione | ▪ articolo, famiglia | ▪ SKU, articolo | ▪ totale azienda, divisione, famiglia | ▪ SKU |
| Periodo e orizzonte di riferimento | ▪ annuale, con aggiornamento mensile, trimestrale | ▪ 1-6 mesi / 1-5 anni con aggiornamento settimanale/mensile | ▪ annuale, con aggiornamento mensile, trimestrale | ▪ 1-4 settimane / 1-2 anni con aggiornamento settimanale/giornaliero |

14

❖ LIVELLI DI AGGREGAZIONE



15

❖ COME PREVEDERE

Domande per la scelta del metodo

- 1. Numero di clienti**
 - pochi: condivisione piani e informazioni, molti: maggiore affidabilità dei metodi statistici
- 2. Caratteristiche dei dati**
 - dati storici a disposizione (ordini, dati POS, bolle, etc.)
 - storicità dei dati (almeno 2 anni per stagionalità)
 - livello di dettaglio dei dati
 - disponibilità di dati / informazioni esterne
- 3. Numero e tipo di previsioni**
 - livello di aggregazione, orizzonte di previsione
 - numerosità dei codici da prevedere
 - numerosità delle combinazioni prodotto/mercato
- 4. Nuovi prodotti**
 - cambio codice articolo, assimilazione, variante, novità assoluta
- 5. Disponibilità di risorse**
 - persone, sistemi IT, budget
- 6. Accuratezza richiesta**
 - identificare le conseguenze / costi derivanti da errate previsioni

16

❖ QUADRO DELLE METODOLOGIE PREVISIONALI

METODI QUALITATIVI E A BASE SOGGETTIVA:

- FORZA DI VENDITA
- PANEL DI ESPERTI / METODO DELPHI
- SCENARI FUTURI / ANALOGIE
- INDAGINI DI MERCATO, TEST E SONDAGGI

METODI CAUSALI BASATI SU CORRELAZIONE :

- REGRESSIONE (*lineare, quadratica, multipla,...*)
- ECONOMETRICI / INPUT-OUTPUT

TECNICHE ESTRAPOLATIVE DELLE SERIE STORICHE :

- MEDIE MOBILI (*semplice, ponderata,...*)
- SMORZAMENTO ESPONENZIALE (*Winters...*)
- DECOMPOSIZIONE / PROIEZIONE TREND
- ARIMA (*Box Jenkins*)

17

❖ METODI QUALITATIVI E A BASE SOGGETTIVA

Il Marketing deve poter influenzare o modificare le proiezioni proposte, in base alla conoscenza che esso ha dell'andamento futuro:

- delle iniziative cliente
- delle promozioni programmate
- previsione di acquisizione di un ordine cliente di grosse dimensioni
- scadenze legate ad iniziative cliente
- modifica delle scadenze legate a budget
- variazioni dell'andamento macroeconomico

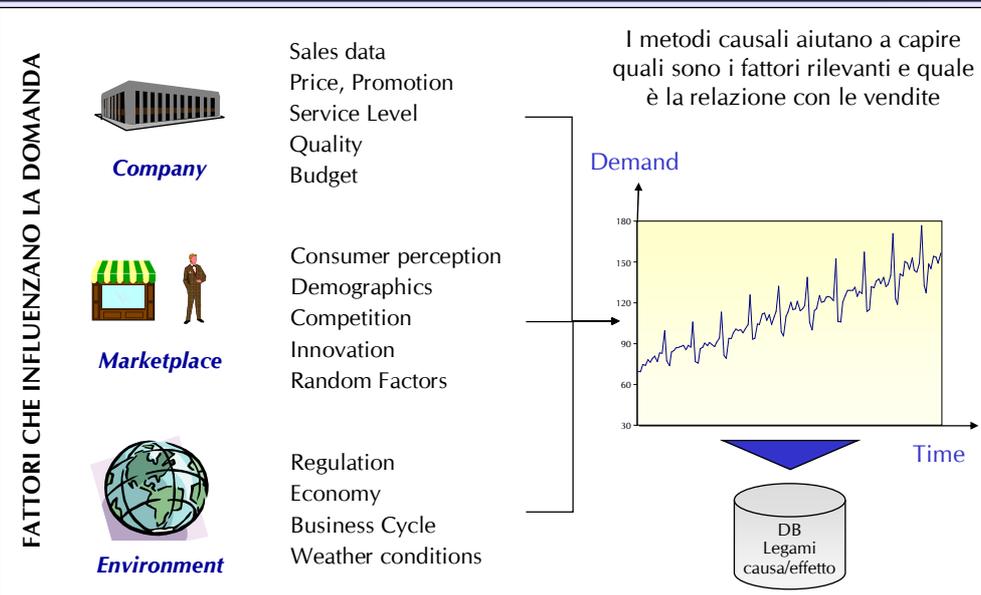
e comunque di tutte quelle informazioni che possono influenzare i volumi ed il mix di vendita nel medio termine.



Tale modalità di previsione permette al Marketing di focalizzare la propria attenzione sul miglioramento della qualità delle previsioni aggiungendovi il valore derivante dalle proprie specifiche conoscenze sulle vendite future

18

❖ METODI CAUSALI BASATI SU CORRELAZIONE



19

❖ TECNICHE QUANTITATIVE BASATE SU SERIE STORICHE

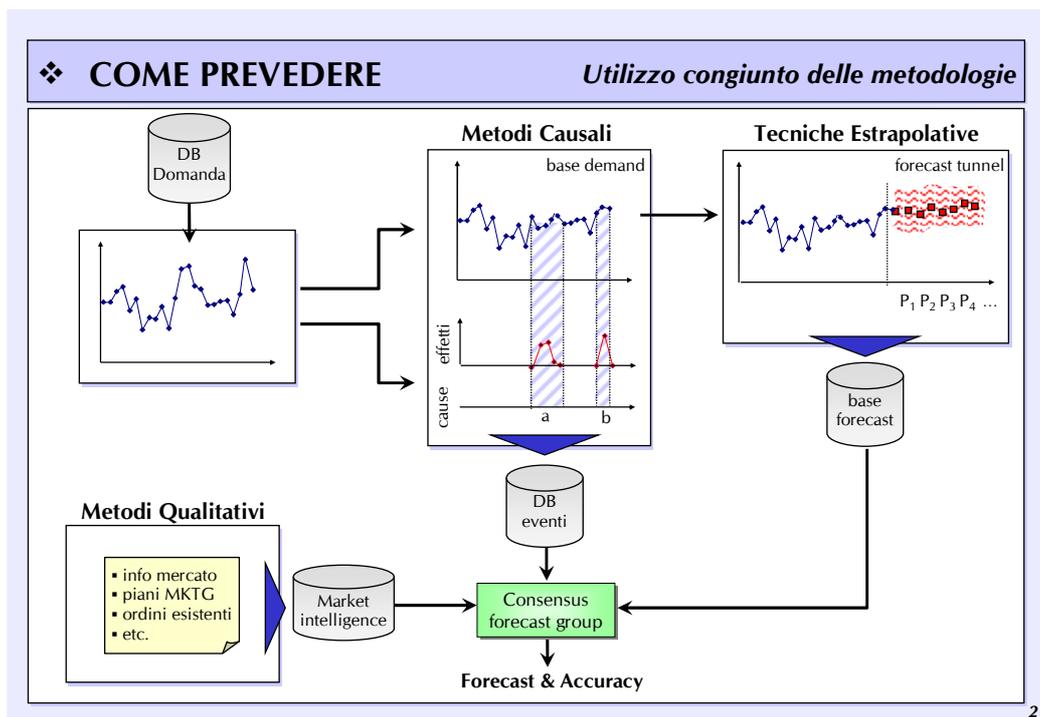
- **AMBITO** : pianificazione integrata (gestione delle scorte, pianificazione della distribuzione, programmazione della produzione, etc.)
- **LIVELLO DI DETTAGLIO** : codice articolo, SKU, famiglia merceologica
- **ORIZZONTE PREVISIONALE** : breve-brevissimo periodo (1-6 mesi)
- **DATI STORICI** : - riferiti alle vendite settimanali/mensili/bimestrali ...
 - sono disponibili almeno 2 anni di storia (per stagionalità)
 - domanda di tipo continuativo e prevedibile (coefficiente di variazione : σ/DM)
- **ASSUNZIONE** : il futuro sarà come il passato

Estrapolazione delle sole componenti prevedibili (trend e stagionalità)



NB : le previsioni sono erratiche per definizione

20



- ❖ LE "3C" DELL'INTEGRAZIONE FUNZIONALE**
- **"comunicazione"** se sussiste un semplice scambio di informazioni più o meno strutturato tra i diversi attori che collaborano al processo previsionale;
(↓ : news alla macchina del caffè , ↑ : data & info sharing)
 - **"coordinamento"** se sono presenti incontri formalizzati e pianificati ossia un gruppo di lavoro o un comitato che si riunisce periodicamente;
(↓ : incontri spot , ↑ : gruppo di lavoro ben definito che si riunisce settimanalmente)
 - **"collaborazione"** se è presente un'interazione di più alto livello tra le parti che si manifesta attraverso lo sviluppo "in team" delle previsioni e degli obiettivi condivisi che ne guidano la redazione, secondo un approccio consensuale
(↓ : previsioni seguono gli obiettivi del singolo, ↑ : KPI di accuracy condiviso)
- 22

| ❖ COME PREVEDERE | Organizzazione processo previsionale |
|------------------|--|
| | <p>1. MODELLO INDIPENDENTE</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ogni funzione sviluppa un proprio forecast ad uso interno sulle proprie esigenze ▪ Assoluta inconsistenza tra i vari forecast ▪ Nessun coordinamento tra le funzioni ▪ Nessuna condivisione informazioni ▪ Basse prestazioni previsionali |
| | <p>2. MODELLO CONCENTRATO</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Una sola funzione sviluppa le previsioni per tutta le altre (es. Marketing, Logistica) ▪ Naturale distorsione del forecast (<i>ownership</i>) ▪ Coordinamento limitato e formale ▪ Inefficiente utilizzo delle informazioni ▪ Basse prestazioni (soprattutto per le funzioni-cliente) |

23

| ❖ COME PREVEDERE | Organizzazione processo previsionale |
|------------------|---|
| | <p>3. MODELLO NEGOZIATO</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ciascuna funzione genera un proprio forecast e partecipa alla "negoziatura" del final forecast ▪ Coordinamento ampio e strutturato (nel corso di riunioni formali) ▪ Flusso informativo non ottimizzato e presenza di possibili conflittualità (non collaborativo) ▪ Miglioramento delle prestazioni |
| | <p>4. MODELLO CONSENSUALE</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Esiste un "comitato per le previsioni", con rappresentanti di ciascuna area funzionale ▪ Logica del "consensus forecast": le informazioni dalle diverse aree confluiscono nella previsione ▪ Coordinamento, Collaborazione, Comunicazione (3C) ▪ Massima condivisione delle informazioni ▪ Elevato assorbimento di risorse |

24

❖ **GLI APPROCCI ORGANIZZATIVI**

| | COMUNICAZIONE | COORDINAMENTO | COLLABORAZIONE | |
|------------------------|---|---|--|---|
| 1. INDIPENDENTE |  |  |  | <i>Completa disconnessione tra gli attori del processo previsionale</i> |
| 2. CONCENTRATO |  |  |  | <i>Presenza di bias a causa dell'unicità del punto di vista</i> |
| 3. NEGOZIATO |  |  |  | <i>Rischio distorsione dovuto a dinamiche di gruppo</i> |
| 4. CONSENSUALE |  |  |  | <i>Approccio ottimale, tuttavia necessita di molte risorse</i> |
| | Condivisione di informazioni | Esistenza di incontri formali | Condivisione di previsioni e obiettivi | |

25

❖ **QUANTO COSTA PREVEDERE ?**

L'IMPLEMENTAZIONE DI UN SISTEMA DI PREVISIONE DELLE VENDITE IMPATTA SULLE RISORSE FINANZIARIE, UMANE E TECNOLOGICHE DELL'AZIENDA

COSTI DI REPERIMENTO E CONSERVAZIONE DEI DATI

- analisi, ricerca e acquisizione dati
- mantenimento e conservazione DB
- traduzione delle informazioni esterne

COSTI DI SVILUPPO E INSTALLAZIONE

- analisi della situazione attuale
- progettazione e parametrizzazione
- hardware & software

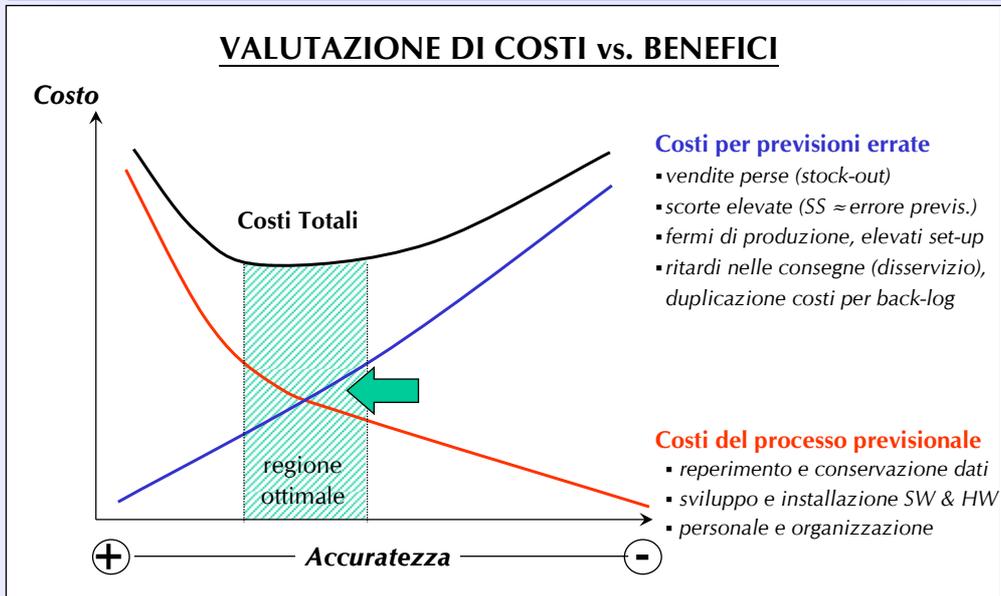
COSTI DI GESTIONE E FUNZIONAMENTO OPERATIVO

- recruiting e formazione personale
- analisi e monitoraggio continuo
- organizzazione del processo

MA ESISTE UN TRADE-OFF ...

26

❖ QUANTO COSTA PREVEDERE ?



27

❖ INDICE DEGLI ARGOMENTI TRATTATI

- ruolo delle previsioni nel processo di pianificazione
- metodi causali
- analisi delle serie storiche
- modelli basati sullo smorzamento esponenziale
- fasi del processo di implementazione
- monitoraggio delle previsioni (indicatori dell'errore)
- applicazioni numeriche e casi aziendali

28

❖ METODI CAUSALI BASATI SU CORRELAZIONI

Si ipotizza un legame causale tra un insieme di **variabili indipendenti** e una **variabile dipendente**, formalizzato attraverso una relazione funzionale:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

- identificare le variabili (y : domanda, x : prezzo, investimenti pubblicitari, promozioni, temperatura, umidità, traffico, tempo, ...)
- evidenziare i legami di dipendenza tra le variabili (equazione lineare, quadratica, esponenziale, ...)
- stimare i parametri dell'equazione
- la previsione per la variabile dipendente è ottenuta a fronte di stime future per le variabili indipendenti

29

❖ METODI CAUSALI BASATI SU CORRELAZIONI

REGRESSIONE LINEARE SEMPLICE

Viene ipotizzato un legame **lineare** tra una variabile indipendente (x) e una variabile dipendente (y)

$$y = A + B \cdot x + \epsilon$$

$$\hat{y} = a + b \cdot x$$

- \hat{y} rappresenta la predizione del valore di y
- a e b rappresentano le stime di A e B
- ϵ è una variabile casuale (rumore)
- si dispone di n coppie di osservazioni $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$

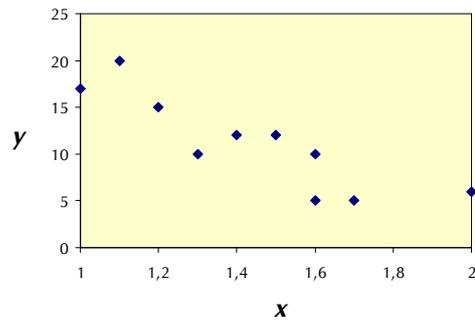
30

❖ METODI CAUSALI BASATI SU CORRELAZIONI

REGRESSIONE LINEARE SEMPLICE

| settimana | prezzo (euro / litro) | vendite (litri x 1000) |
|-----------|--------------------------|---------------------------|
| 1 | 1,3 | 10 |
| 2 | 2 | 6 |
| 3 | 1,7 | 5 |
| 4 | 1,5 | 12 |
| 5 | 1,6 | 10 |
| 6 | 1,2 | 15 |
| 7 | 1,6 | 5 |
| 8 | 1,4 | 12 |
| 9 | 1 | 17 |
| 10 | 1,1 | 20 |

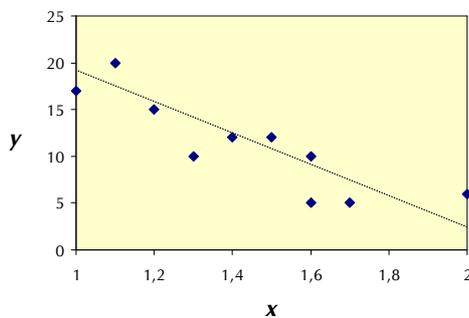
| | | |
|----------|-------|-------|
| $n = 10$ | x_i | y_i |
|----------|-------|-------|



31

❖ METODI CAUSALI BASATI SU CORRELAZIONI

REGRESSIONE LINEARE SEMPLICE



Esiste una funzione in grado di spiegare il legame tra la variabile indipendente e la variabile dipendente ?

$$\hat{y} = a + b \cdot x$$

Quali sono i coefficienti della retta ?

32

❖ METODI CAUSALI BASATI SU CORRELAZIONI

COEFFICIENTE DI CORRELAZIONE LINEARE

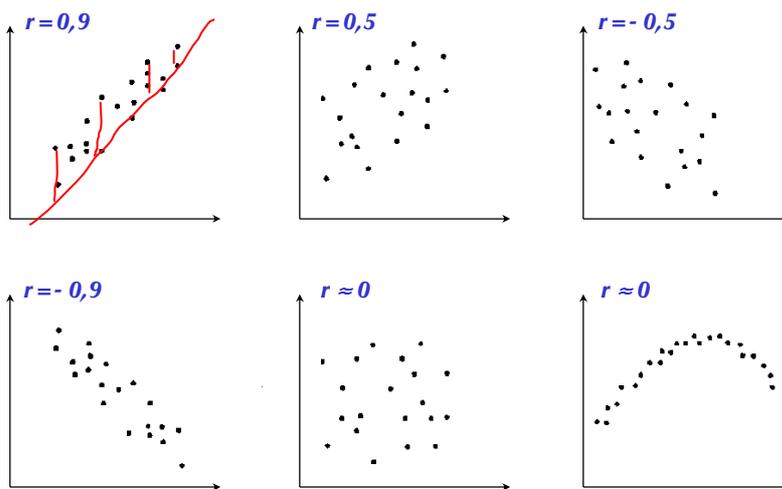
L'esistenza di un legame lineare è confermata da un valore elevato del coefficiente di correlazione lineare r (Pearson) :

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (-1 \leq r \leq 1)$$

essendo : $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ $\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$

33

❖ METODI CAUSALI BASATI SU CORRELAZIONI



Il EXCEL adottare la funzione : “=CORRELAZIONE (Serie_X; Serie_Y)”

34

❖ METODI CAUSALI BASATI SU CORRELAZIONI

COEFFICIENTE DI DETERMINAZIONE

E' possibile verificare la bontà di adattamento (*goodness-of-fit*) della retta di regressione alla serie delle osservazioni in esame mediante il coefficiente di determinazione. Se $R^2 \approx 1$ allora si ha un buon adattamento

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}$$

$$(0 \leq R^2 \leq 1)$$

R^2 indica la percentuale di variabilità di y che può essere spiegata dalla variabilità della variabile indipendente x

Il EXCEL adottare la funzione : "=RQ (Serie_X; Serie_Y)"

35

❖ METODI CAUSALI BASATI SU CORRELAZIONI

METODO DEI MINIMI QUADRATI

La determinazione di a e b avviene attraverso la minimizzazione dello scarto quadratico totale (*SSE - Sum of the Squared Errors*) :

$$SSE = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

Occorre pertanto minimizzare la seguente funzione rispetto alle variabili a e b :

$$SSE = \sum_{i=1}^n [y_i - (a + b \cdot x_i)]^2$$

36

❖ METODI CAUSALI BASATI SU CORRELAZIONI

COEFFICIENTI DELLA RETTA DI REGRESSIONE

Per la determinazione di **a** e **b** si consiglia di utilizzare le seguenti funzioni di EXCEL :

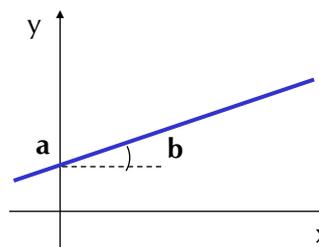
$$\hat{y} = a + b \cdot x$$

b : Pendenza

"=INDICE(REGR.LIN(Serie_Y; Serie_X);1)"

a : Intercetta di y

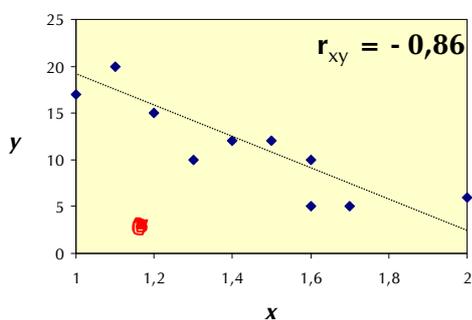
"=INDICE(REGR.LIN(Serie_Y; Serie_X);2)"



37

❖ METODI CAUSALI BASATI SU CORRELAZIONI

REGRESSIONE LINEARE SEMPLICE



R² = 0,75 : significa che per il 75% la variabilità nelle vendite **y** è spiegata dalla variabilità dei prezzi **x**

metodo dei minimi quadrati

$$a = 32,14$$

$$b = -14,54$$



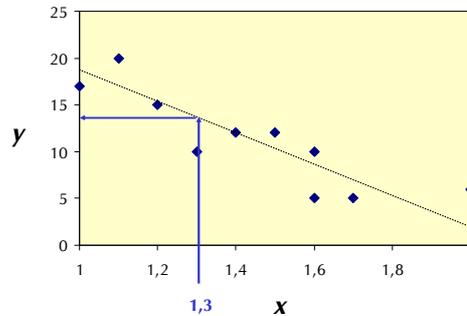
$$y = 32,14 - 14,54 \cdot x$$

38

❖ METODI CAUSALI BASATI SU CORRELAZIONI

REGRESSIONE LINEARE SEMPLICE

| settimana | prezzo (euro / litro) | vendite (litri x 1000) |
|-----------|--------------------------|---------------------------|
| 1 | 1,3 | 10 |
| 2 | 2 | 6 |
| 3 | 1,7 | 5 |
| 4 | 1,5 | 12 |
| 5 | 1,6 | 10 |
| 6 | 1,2 | 15 |
| 7 | 1,6 | 5 |
| 8 | 1,4 | 12 |
| 9 | 1 | 17 |
| 10 | 1,1 | 20 |
| 11 | 1,3 | ? |



$$y = 32,14 - 14,54 \cdot 1,3 = 13,2$$

39

❖ METODI CAUSALI BASATI SU CORRELAZIONI

REGRESSIONE MULTIPLA

| settimana | vendite (litri x 1000) | prezzo (euro / litro) | advertisement (euro x 100) |
|-----------|---------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| 1 | 10 | 1,3 | 9 |
| 2 | 6 | 2 | 7 |
| 3 | 5 | 1,7 | 5 |
| 4 | 12 | 1,5 | 14 |
| 5 | 10 | 1,6 | 15 |
| 6 | 15 | 1,2 | 12 |
| 7 | 5 | 1,6 | 6 |
| 8 | 12 | 1,4 | 10 |
| 9 | 17 | 1 | 15 |
| 10 | 20 | 1,1 | 21 |

$$r_{x1,y} = -0,86$$

$$r_{x2,y} = +0,89$$

$$r_{x1,x2} = -0,65$$

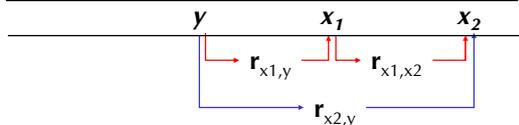
$$\hat{y} = a + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2$$

metodo dei minimi quadrati

$$a = 16,40$$

$$b_1 = -8,24$$

$$b_2 = 0,58$$

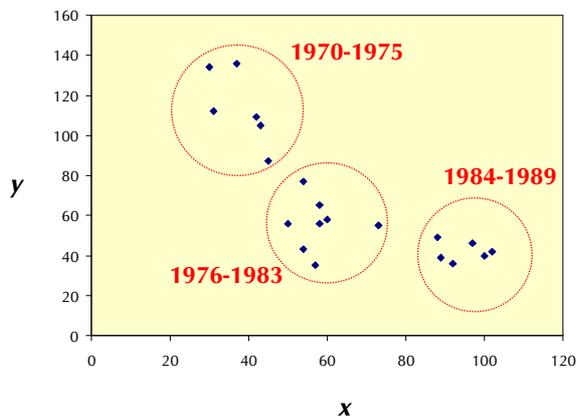


40

❖ METODI CAUSALI BASATI SU CORRELAZIONI

prezzo unitario milioni di m³ di gas

| | |
|-----|-----|
| 30 | 134 |
| 31 | 112 |
| 37 | 136 |
| 42 | 109 |
| 43 | 105 |
| 45 | 87 |
| 50 | 56 |
| 54 | 43 |
| 54 | 77 |
| 57 | 35 |
| 58 | 65 |
| 58 | 56 |
| 60 | 58 |
| 73 | 55 |
| 88 | 49 |
| 89 | 39 |
| 92 | 36 |
| 97 | 46 |
| 100 | 40 |
| 102 | 42 |



41

❖ TECNICHE QUANTITATIVE BASATE SU SERIE STORICHE

- **AMBITO** : pianificazione integrata (gestione delle scorte, pianificazione della distribuzione, pianificazione della produzione, etc.)
- **LIVELLO DI DETTAGLIO** : codice articolo, SKU, famiglia merceologica
- **ORIZZONTE PREVISIONALE** : breve-brevissimo periodo (≤ 12 mesi)
- **DATI STORICI** : - riferiti alle vendite settimanali/mensili/bimestrali ...
 - sono disponibili almeno 2 anni di storia (per stagionalità)
 - domanda di tipo continuativo e prevedibile (coefficiente di variazione : σ/DM)
- **ASSUNZIONE** : il futuro sarà come il passato

Estrapolazione delle sole componenti prevedibili (trend e stagionalità)



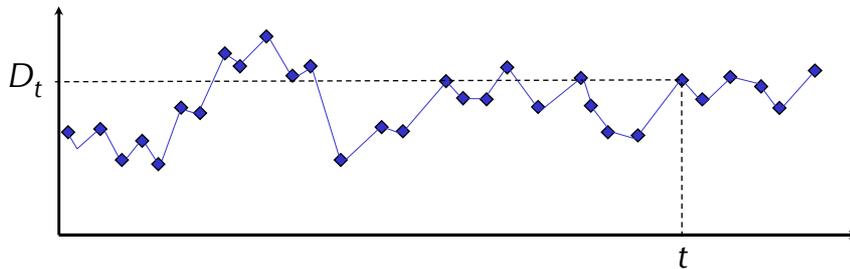
NB : le previsioni sono erratiche per definizione

42

❖ **SERIE STORICHE**

DEFINIZIONE

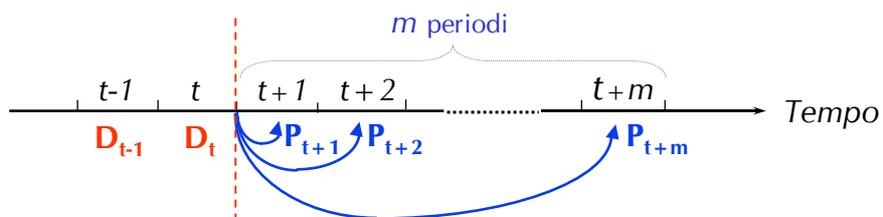
Un serie storica è una sequenza di valori ($D_1, D_2, D_3, \dots, D_t, \dots$) assunti da una grandezza misurabile (*numero di ordini, migliaia di lire, kg, litri, ...*) e osservati in corrispondenza di specifici intervalli temporali di norma equidistanti (*giorni, settimane, mesi, trimestri, anni, ...*)



43

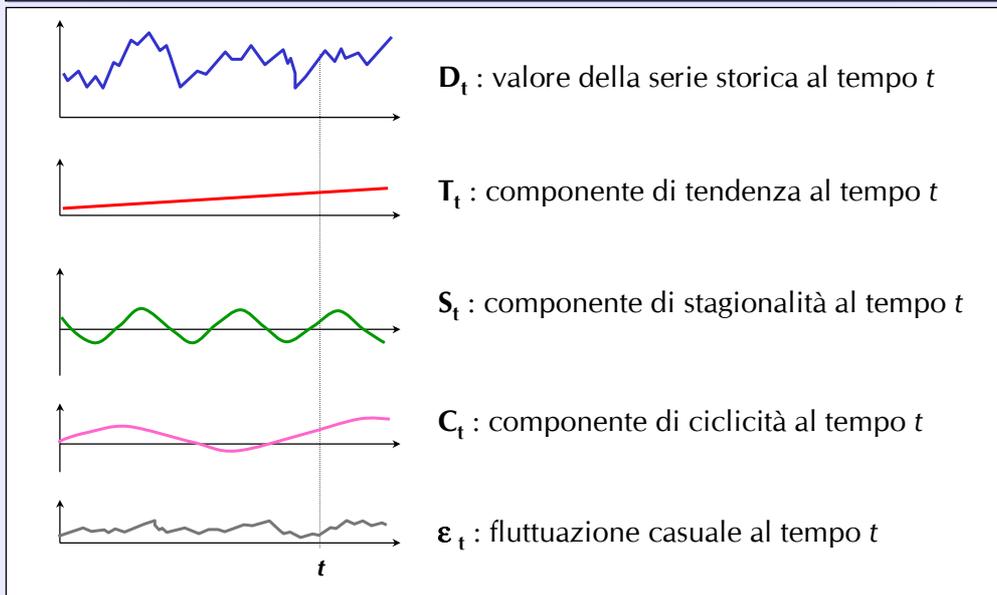
❖ **SIMBOLOGIA ADOTTATA**

- DOMANDA EFFETTIVA relativa al periodo t : D_t
- PREVISIONE fatta alla fine del periodo t per il periodo $t+m$: P_{t+m}
- ORIZZONTE PREVISIONALE : m



44

❖ COMPONENTI DI UNA SERIE STORICA



45

❖ ANALISI DELLE SERIE STORICHE

$$D_t = f \left(\underset{\substack{\text{componenti} \\ \text{sistematiche}}}{T_t, S_t, C_t} \right) + \underset{\substack{\text{componente} \\ \text{aleatoria}}}{\varepsilon_t}$$

PRIMA DI FORMULARE LE PREVISIONI DI VENDITA, È NECESSARIO ANALIZZARE L'ANDAMENTO PASSATO DELLA SERIE STORICA PER INDIVIDUARE L'ESISTENZA DI EVENTUALI

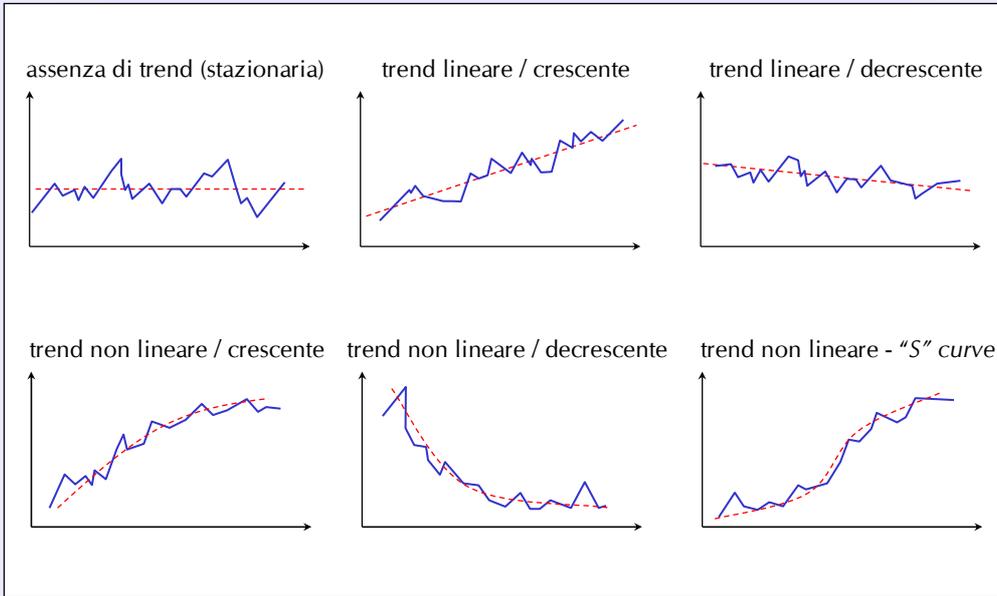


**COMPONENTI DI
TREND E STAGIONALITÀ**

46

❖ TIPOLOGIE DI SERIE STORICHE

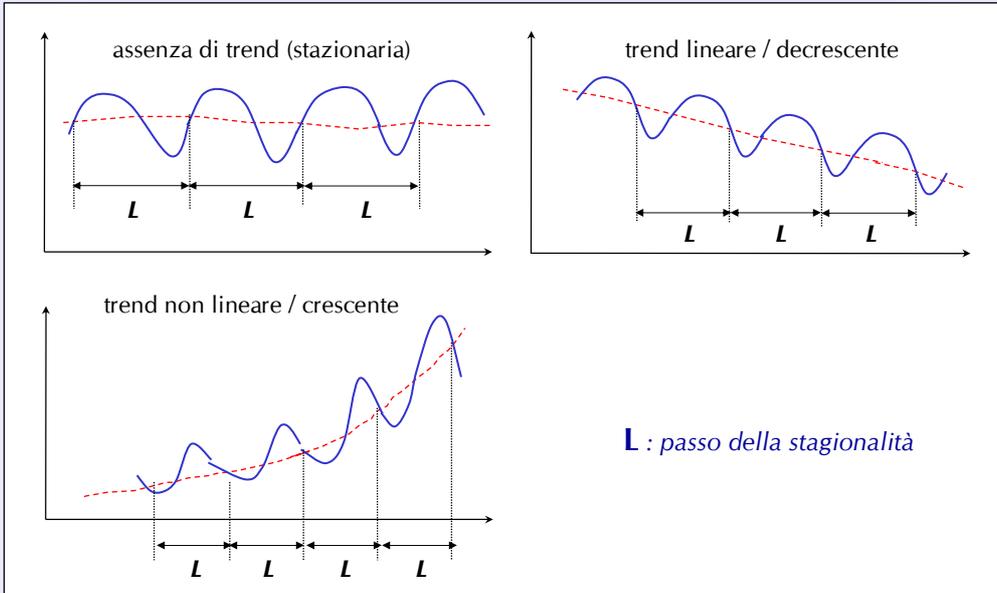
Senza stagionalità



47

❖ TIPOLOGIE DI SERIE STORICHE

Con stagionalità



48

❖ **INDICE DEGLI ARGOMENTI TRATTATI**

- ❑ ruolo delle previsioni nel processo di pianificazione
- ❑ **analisi delle serie storiche: stagionalità**
- ❑ modelli basati sullo smorzamento esponenziale
- ❑ fasi del processo di implementazione
- ❑ monitoraggio delle previsioni (indicatori dell'errore)
- ❑ applicazioni numeriche e casi aziendali

49

❖ **ANALISI DELLE SERIE STORICHE**

Componente di stagionalità

**CAUSE DI
STAGIONALITA'**

- CLIMATICHE
- USI & COSTUMI (ricorrenze, vacanze, ...)
- PROMOZIONI CICLICHE (scuola, "bianco", ...)
- CONTABILI & FISCALI (fine mese, budget, ...)

**FENOMENI
EXTRA-STAGIONALI**

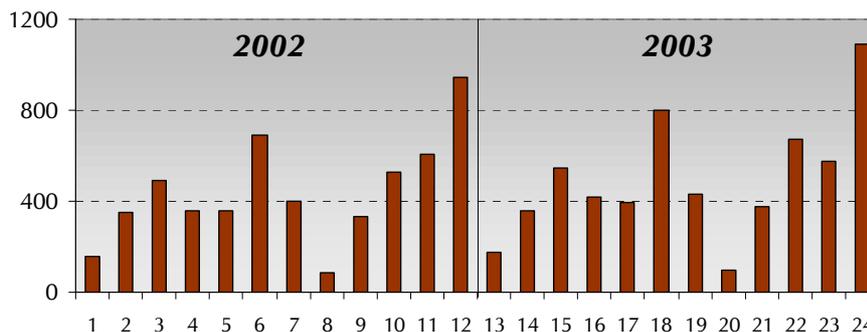
- GIORNI LAVORATIVI EFFETTIVI
- CALENDARIO (es. Americano : 4-4-5)
- FESTIVITÀ MOBILI (es. Pasqua)

50

❖ ANALISI DELLE SERIE STORICHE *Componente di stagionalità*

SI DEVE ANALIZZARE LA SEGUENTE SERIE STORICA SU BASE MENSILE :

| Domanda | gen | feb | mar | apr | mag | giu | lug | ago | set | ott | nov | dic |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 2002 | 155 | 354 | 492 | 358 | 359 | 688 | 401 | 82 | 336 | 525 | 604 | 944 |
| 2003 | 178 | 360 | 546 | 418 | 394 | 801 | 428 | 95 | 374 | 674 | 573 | 1088 |



51

❖ ANALISI DELLE SERIE STORICHE *Componente di stagionalità*

DISPONENDO DI N DATI STORICI (ALMENO DUE ANNI), E' POSSIBILE EFFETTUARE UN'ANALISI DI AUTOCORRELAZIONE (ACF), CALCOLANDO IL COEFFICIENTE DI AUTOCORRELAZIONE r_k PER DIVERSI VALORI DI "k"

$$r_k = \frac{\sum_{i=0}^{N-k-1} (D_{t-i} - \bar{M}) \cdot (D_{t-i-k} - \bar{M})}{\sum_{i=0}^{N-1} (D_{t-i} - \bar{M})^2}$$

dove: $\bar{M} = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} D_{t-i} \quad (k = 1, 2, 3, \dots)$

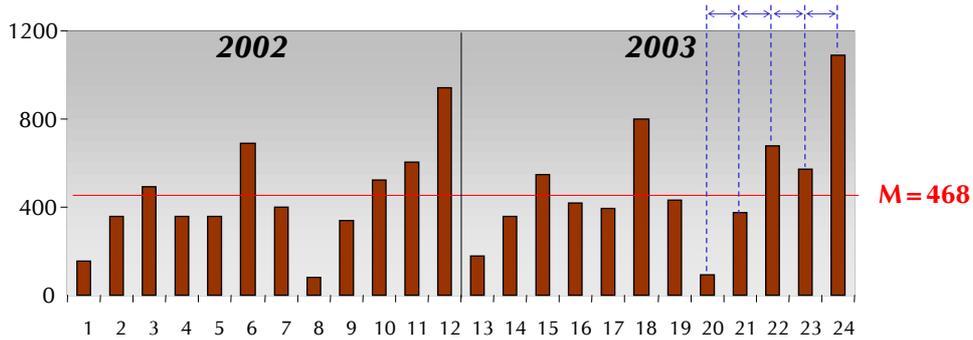
52

❖ ANALISI DELLE SERIE STORICHE

Componente di stagionalità

L'ANALISI DI AUTOCORRELAZIONE CONSENTE DI CONFRONTARE A COPPIE I DATI DI DOMANDA SFASATI DI k MESI CON IL VALOR MEDIO DELLA SERIE

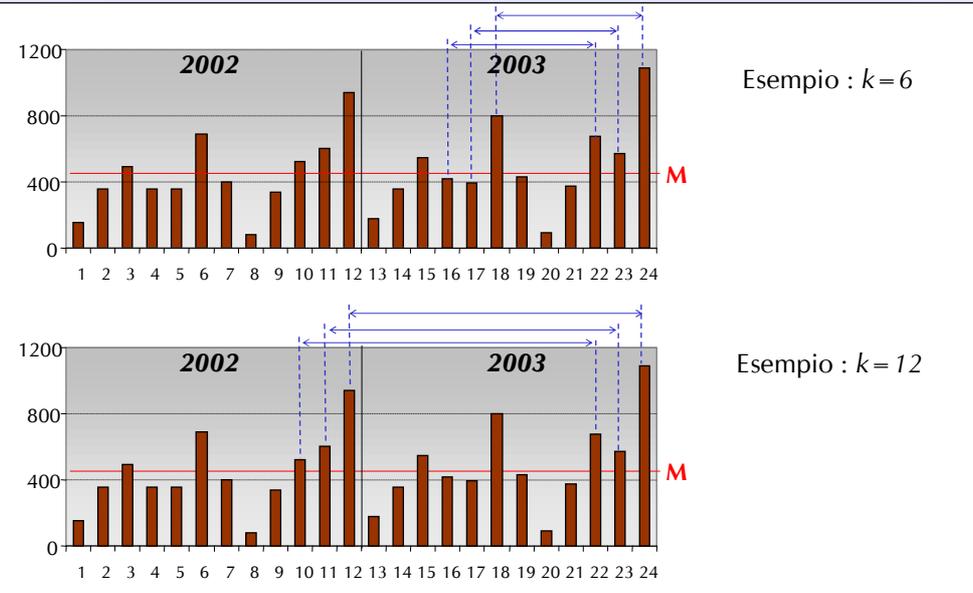
Esempio : $k = 1$



53

❖ ANALISI DELLE SERIE STORICHE

Componente di stagionalità



54

❖ ANALISI DELLE SERIE STORICHE Componente di stagionalità

Serie storica
(1, 2, 3, ..., N)

| | |
|------|------|
| 2002 | 155 |
| | 354 |
| | 492 |
| | 358 |
| | 359 |
| | 688 |
| | 401 |
| | 82 |
| | 336 |
| | 525 |
| | 604 |
| | 944 |
| 2003 | 178 |
| | 360 |
| | 546 |
| | 418 |
| | 394 |
| | 801 |
| | 428 |
| | 95 |
| | 374 |
| | 674 |
| | 573 |
| | 1088 |

es. k = 6

| |
|-----|
| 155 |
| 354 |
| 492 |
| 358 |
| 359 |
| 688 |
| 401 |
| 82 |
| 336 |
| 525 |
| 604 |
| 944 |
| 178 |
| 360 |
| 546 |
| 418 |
| 394 |
| 801 |

Serie I
(1, 2, 3, ..., N-k)

Serie II
(k + 1, k + 2, ..., N)

| |
|------|
| 401 |
| 82 |
| 336 |
| 525 |
| 604 |
| 944 |
| 178 |
| 360 |
| 546 |
| 418 |
| 394 |
| 801 |
| 428 |
| 95 |
| 374 |
| 674 |
| 573 |
| 1088 |

In EXCEL adottare la funzione: " =CORRELAZIONE (serie_I; serie_II) "

55

❖ ANALISI DELLE SERIE STORICHE Componente di stagionalità

CALCOLANDO IL COEFFICIENTE DI AUTOCORRELAZIONE r_k PER DIVERSI VALORI DI "k" NEL CASO CONSIDERATO RISULTA :

| k | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|-------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|
| r_k | 0,102 | -0,262 | -0,075 | -0,216 | -0,081 | 0,587 | 0,128 | -0,153 | -0,063 | -0,266 | -0,206 | 0,986 |

Esempio : N = 24 , k = 6

$$r_6 = \frac{\sum_{i=0}^{17} (D_{t-i} - 468) \cdot (D_{t-i-6} - 468)}{\sum_{i=0}^{23} (D_{t-i} - 468)^2}$$

In EXCEL adottare la funzione: " =CORRELAZIONE (serie [1-18] ; serie [7-24]) "

56

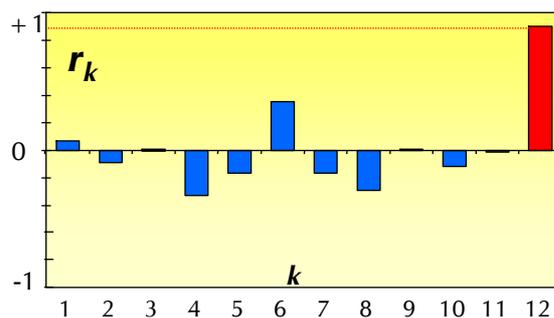
❖ ANALISI DELLE SERIE STORICHE

Componente di stagionalità

Il **correlogramma** è ottenuto riportando su un grafico i valori del coefficiente di autocorrelazione r_k in funzione dello scarto temporale k .

Se esiste un picco nella funzione di autocorrelazione ($r_k > z/\sqrt{N}$) per valori di $k > 2$, allora la serie storica è affetta da stagionalità.

Il valore di k per cui r_k è massimo identifica il passo della stagionalità L



Nel caso considerato si ha una stagionalità di passo annuale ($L = 12$)

57

❖ ANALISI DELLE SERIE STORICHE

Componente di stagionalità

SI DEFINISCONO L FATTORI (MOLTIPLICATIVI) DI STAGIONALITÀ, UNO PER OGNI PERIODO DEL CICLO STAGIONALE.

$$S_1 \quad S_2 \quad S_3 \quad \dots \quad S_L$$

Il coefficiente di stagionalità di un generico periodo i è calcolato come rapporto tra il valore di domanda nel periodo i ed il valore medio della domanda

$$S_i = \frac{D_i}{M}$$

58

❖ ANALISI DELLE SERIE STORICHE *Componente di stagionalità*

Nel caso considerato si hanno 12 coefficienti di stagionalità per ciascun ciclo stagionale $S_{gen}, S_{feb}, S_{mar}, \dots, S_{dic}$ uno per ogni mese dell'anno

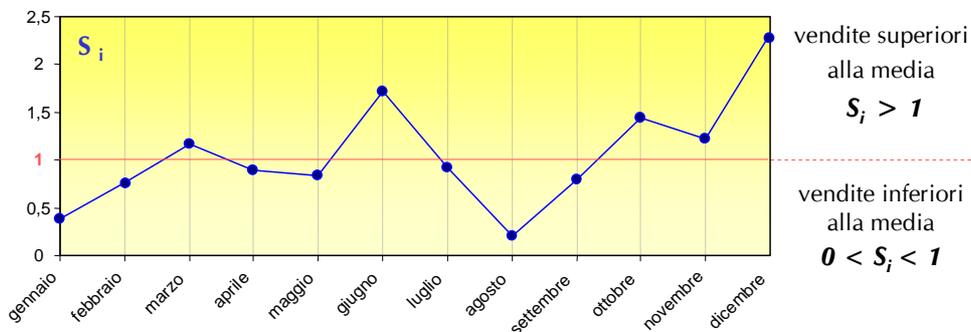
| Domanda | gen | feb | mar | apr | mag | giu | lug | ago | set | ott | nov | dic |
|-------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 2002 | 155 | 354 | 492 | 358 | 359 | 688 | 401 | 82 | 336 | 525 | 604 | 944 |
| 2003 | 178 | 360 | 546 | 418 | 394 | 801 | 428 | 95 | 374 | 674 | 573 | 1088 |
| Stagionalità | gen | feb | mar | apr | mag | giu | lug | ago | set | ott | nov | dic |
| 2002 | 0,331 | 0,757 | 1,052 | 0,765 | 0,767 | 1,471 | 0,857 | 0,175 | 0,718 | 1,122 | 1,291 | 2,018 |
| 2003 | 0,381 | 0,770 | 1,167 | 0,894 | 0,842 | 1,712 | 0,915 | 0,203 | 0,800 | 1,441 | 1,225 | 2,326 |
| S_i | 0,356 | 0,763 | 1,109 | 0,829 | 0,805 | 1,592 | 0,886 | 0,189 | 0,759 | 1,282 | 1,258 | 2,172 |

Significa che nel mese di Novembre le vendite sono mediamente del 25,8% superiori rispetto al valor medio delle vendite nell'anno

59

❖ ANALISI DELLE SERIE STORICHE *Componente di stagionalità*

RIPORTANDO I VALORI DEI COEFFICIENTI DI STAGIONALITA' SI OTTIENE LA COSIDDETTA " FIGURA DI STAGIONALITA' "



60

❖ **INDICE DEGLI ARGOMENTI TRATTATI**

- ❑ ruolo delle previsioni nel processo di pianificazione
- ❑ **analisi delle serie storiche: trend**
- ❑ modelli basati sullo smorzamento esponenziale
- ❑ fasi del processo di implementazione
- ❑ monitoraggio delle previsioni (indicatori dell'errore)
- ❑ applicazioni numeriche e casi aziendali

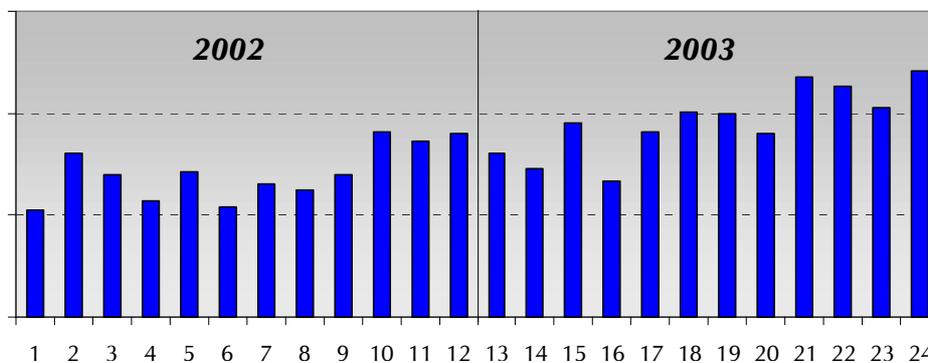
61

❖ **ANALISI DELLE SERIE STORICHE**

Componente di trend

SI DEVE ANALIZZARE LA SEGUENTE SERIE STORICA SU BASE MENSILE :

| Domanda | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 2002 | 105 | 160 | 139 | 114 | 143 | 108 | 130 | 125 | 140 | 181 | 172 | 180 |
| 2003 | 161 | 146 | 190 | 134 | 182 | 201 | 200 | 180 | 235 | 226 | 206 | 242 |

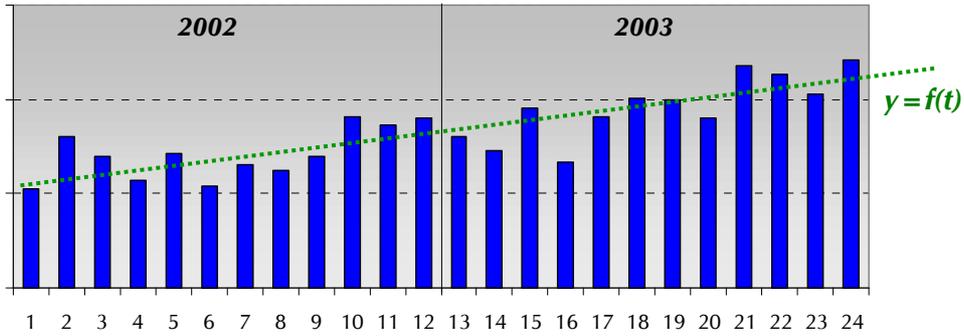


62

❖ ANALISI DELLE SERIE STORICHE

Componente di trend

MEDIANTE L'ANALISI DI REGRESSIONE E' POSSIBILE IDENTIFICARE LA NATURA DELLA TENDENZA DI FONDO (TREND) E QUANTIFICARLA



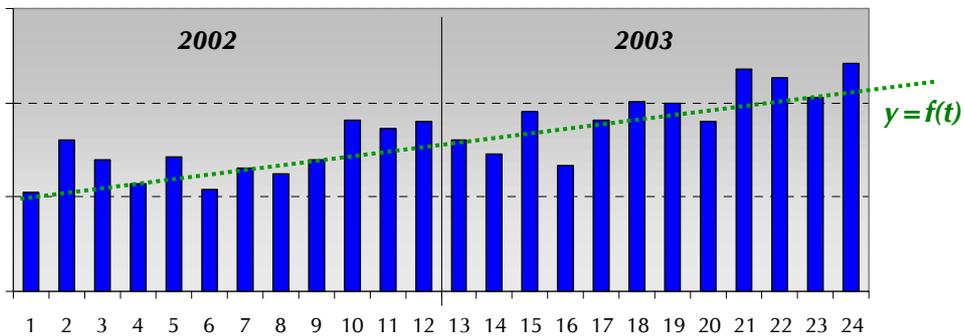
In questo caso, è necessario identificare la funzione teorica $y = f(t)$ (retta, parabola, ...) che meglio approssima la serie reale dei dati storici

63

❖ ANALISI DELLE SERIE STORICHE

Componente di trend

ASSUMENDO UN TREND DI TIPO LINEARE E' NECESSARIO DETERMINARE IL VALORE DEI COEFFICIENTI DELLA RETTA DI REGRESSIONE



Retta di regressione

$$y = a + b \cdot t$$

Metodo dei minimi quadrati



a
b

64

❖ ANALISI DELLE SERIE STORICHE Componente di trend

NEL CASO CONSIDERATO RISULTA :

| mese | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | // | | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| domanda | 105 | 160 | 139 | 114 | 143 | 108 | 130 | 125 | 140 | 181 | 172 | 180 | 161 | 180 | 235 | 226 | 206 | 242 | | | | | | | | |
| y=a+bt | 113 | 117 | 122 | 127 | 132 | 136 | 141 | 146 | 150 | 155 | 160 | 164 | 169 | 174 | 179 | 184 | 189 | 194 | 199 | 204 | 209 | 214 | 219 | 224 | 229 | |

Retta di regressione
 $y = a + b \cdot t$

Metodo dei minimi quadrati

→

a = 108
b = 4,7 ⇒ TREND

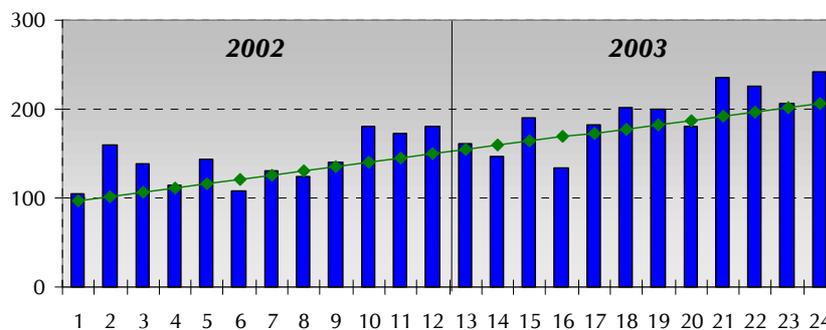
In EXCEL adottare la funzione: " =INDICE (REGR.LIN (serie_1;serie_2); 1) "
 " =INDICE (REGR.LIN (serie_1;serie_2); 2) "

65

❖ ANALISI DELLE SERIE STORICHE Componente di trend

LA RETTA DI REGRESSIONE HA LA SEGUENTE EQUAZIONE:

$$y = 4,7 \cdot t + 108$$

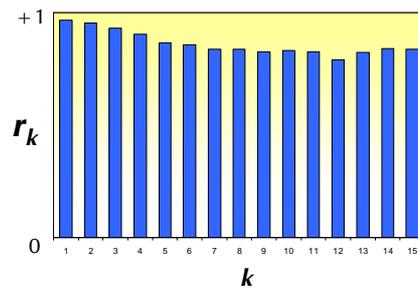
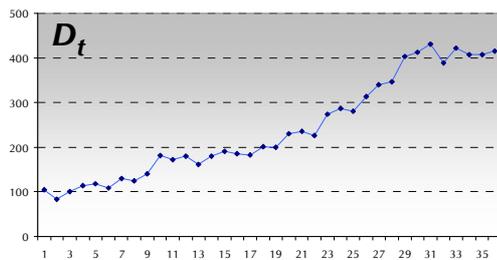


Inoltre risultano : **r = + 0,86** e **R² = 0,71**

66

❖ ANALISI DELLE SERIE STORICHE

PER IDENTIFICARE LA PRESENZA DI TREND E' POSSIBILE IMPIEGARE L'ANALISI DI AUTOCORRELAZIONE (ACF)

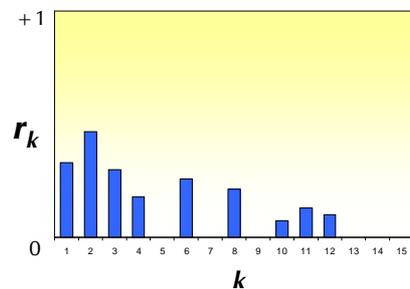
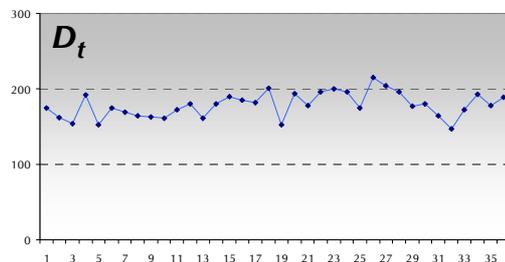


Valori elevati del coefficiente di autocorrelazione per $k=1$ e $k=2$ stanno a significare che dati successivi della serie sono correlati positivamente

67

❖ ANALISI DELLE SERIE STORICHE

IN ASSENZA DI TREND L'ANALISI DI AUTOCORRELAZIONE CONSENTE DI VERIFICARE LA STAZIONARIETÀ DELLA SERIE STORICA

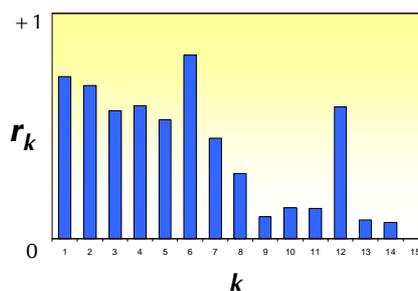
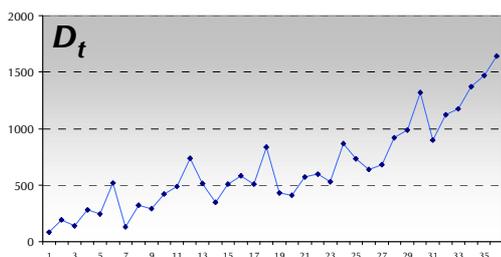


Valori modesti del coefficiente di autocorrelazione che assume valori vicini a zero per scarti temporali (k) superiori a 2 o 3

68

❖ ANALISI DELLE SERIE STORICHE

SE UNA SERIE STORICA E' STAGIONALE MA POSSIEDE UN TREND MARCATO, QUEST'ULTIMO PUÒ RISULTARE DOMINANTE NELL'ANALISI ACF, COMPROMETTENDO LA BONTÀ DELL'ANALISI DELLE SERIE STORICHE

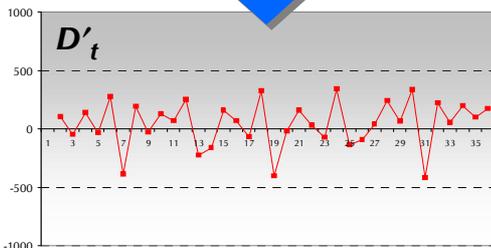
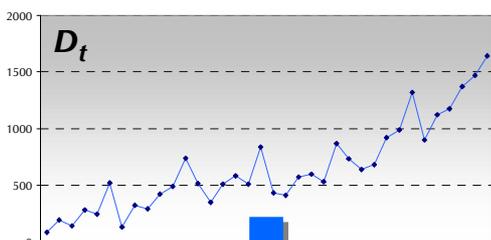


E' necessario ricorrere al metodo delle differenze prime per rendere la serie stazionaria al fine di rilevarne la componente di stagionalità.

69

❖ ANALISI DELLE SERIE STORICHE

DEPURAZIONE DELLA COMPONENTE DI TREND



METODO DELLE DIFFERENZE PRIME

Data una serie di n valori ($D_1, D_2, \dots, D_t, \dots, D_n$) si determina la serie delle differenze prime :

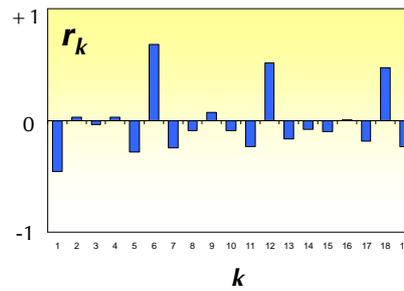
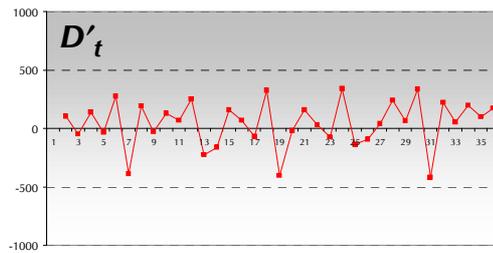
$$D'_t = D_t - D_{t-1}$$

Tale serie consta di $n-1$ valori e risulta stazionaria se la serie di partenza presenta un trend lineare

70

❖ ANALISI DELLE SERIE STORICHE

L'ANALISI DI AUTOCORRELAZIONE SULLA SERIE DELLE DIFFERENZE PRIME RIVELA L'ESISTENZA DI UNA COMPONENTE STAGIONALE DI PASSO $L=6$ IN CORRISPONDENZA DI k TALE PER CUI r_k E' MASSIMO



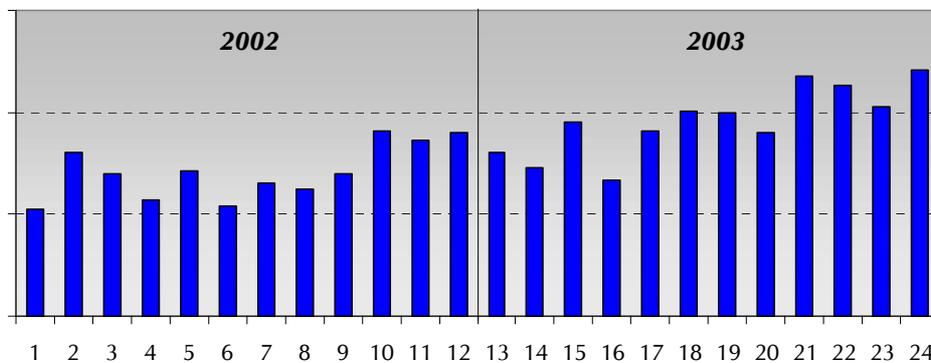
La caratteristica di periodicità della componente stagionale di passo 6 è inoltre confermata anche dal valore del coefficiente di autocorrelazione in corrispondenza di scarti temporali multipli di 6 ($k=12, 18$)

71

❖ ANALISI DELLE SERIE STORICHE

Componente di trend

PER ELIMINARE EVENTUALI IRREGOLARITÀ PRESENTI NEI DATI DI DOMANDA, E' POSSIBILE UTILIZZARE LA MEDIA MOBILE



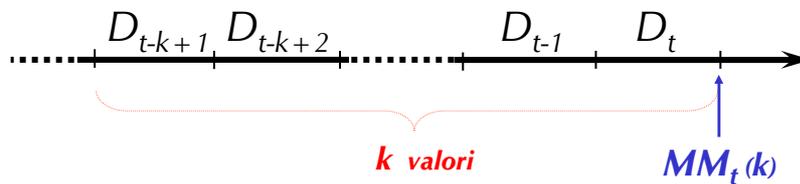
72

❖ ANALISI DELLE SERIE STORICHE

Media Mobile

DATA UNA SERIE STORICA DI "N" TERMINI ($D_t, D_{t-1}, D_{t-2}, \dots$), AL TERMINE DEL GENERICO PERIODO t E' POSSIBILE CALCOLARE IL VALORE PUNTUALE DELLA MEDIA MOBILE DI ORDINE "k":

$$MM_t(k) = \frac{D_t + D_{t-1} + D_{t-2} + \dots + D_{t-k+1}}{k}$$



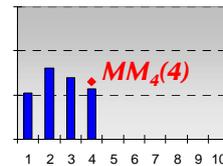
73

❖ ANALISI DELLE SERIE STORICHE

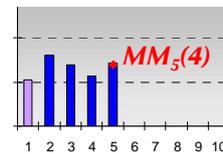
Media mobile

SI APPLICA UNA MEDIA MOBILE ($k=4$) ALLA SERIE STORICA CONSIDERATA

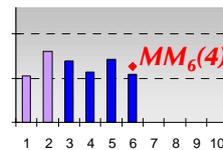
per il mese $t=4$: $MM_4(4) = \frac{D_4 + D_3 + D_2 + D_1}{4}$



per il mese $t=5$: $MM_5(4) = \frac{D_5 + D_4 + D_3 + D_2}{4}$



per il mese $t=6$: $MM_6(4) = \frac{D_6 + D_5 + D_4 + D_3}{4}$

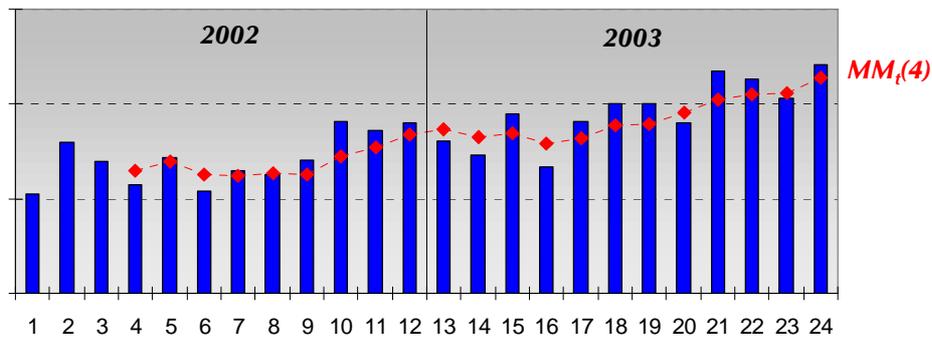


74

❖ ANALISI DELLE SERIE STORICHE

Media mobile

PROSEGUENDO SINO ALL'ULTIMO PERIODO A DISPOSIZIONE,
SI OTTIENE UNA SERIE DI " $N-k+1$ " VALORI DI MEDIA MOBILE



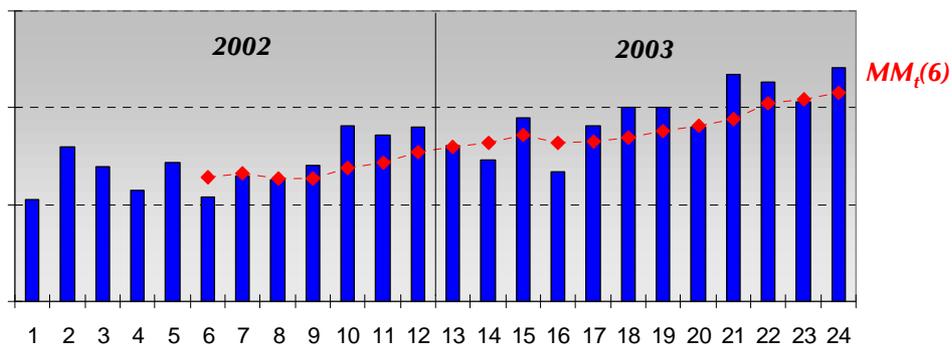
Nell'esempio considerato : $N = 24$, $k = 4$ → 21 valori di media mobile di ordine 4

75

❖ ANALISI DELLE SERIE STORICHE

Media mobile

IN ALTERNATIVA, OPERANDO UNA MEDIA MOBILE DI ORDINE
 $k=6$, SI OTTENGONO 19 VALORI DI MEDIA MOBILE



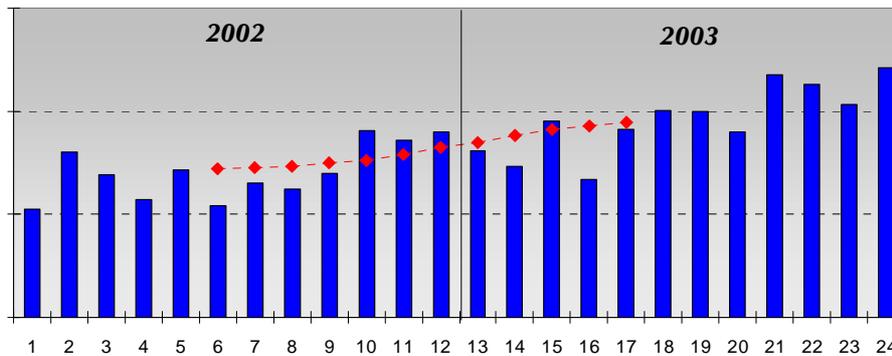
Le irregolarità presenti nella serie storica originale vengono ora maggiormente filtrate

76

❖ ANALISI DELLE SERIE STORICHE

Media mobile

SE LA SERIE STORICA E' AFFETTA DA STAGIONALITA', E' POSSIBILE EVIDENZIARNE IL TREND EFFETTUANDO UNA MEDIA MOBILE CENTRATA DI ORDINE " $k = L$ "



- nella media mobile rimangono le componenti di trend e irregolare
- si perdono la "testa" e la "coda"

77

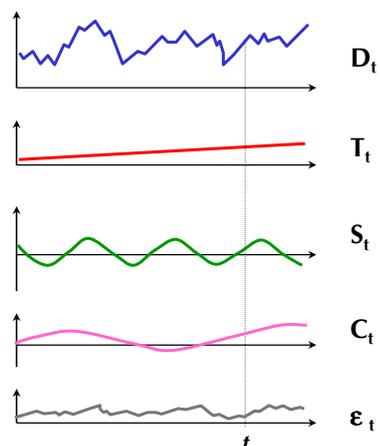
❖ INDICE DEGLI ARGOMENTI TRATTATI

- ruolo delle previsioni nel processo di pianificazione
- analisi delle serie storiche: metodo di decomposizione
- modelli basati sullo smorzamento esponenziale
- fasi del processo di implementazione
- monitoraggio delle previsioni (indicatori dell'errore)
- applicazioni numeriche e casi aziendali

78

❖ ANALISI DELLE SERIE STORICHE

METODO DI DECOMPOSIZIONE



D_t E' un metodo che consente di identificare le principali componenti in cui una serie storica può essere suddivisa

T_t Richiede in primo luogo di identificare il modello di rappresentazione della serie storica :

additivo : $D_t = T_t + S_t + C_t + \epsilon_t$

moltiplicativo : $D_t = T_t \cdot S_t \cdot C_t \cdot \epsilon_t$

79

❖ ANALISI DELLE SERIE STORICHE

Decomposizione

Il metodo prevede di scorporare una alla volta le principali componenti della serie storica mediante la seguente procedura (**modello moltiplicativo**):

1. determinazione della componente congiunta di trend e ciclicità mediante il calcolo della media mobile MM_t :

$$T_t \cdot C_t \approx MM_t$$

2. determinazione della componente stagionale attraverso il calcolo dei coefficienti di stagionalità :

$$S_t \cdot \epsilon_t = \frac{D_t}{T_t \cdot C_t} \approx \frac{D_t}{MM_t}$$

3. depurazione dalla componente di stagionalità dell'effetto delle fluttuazioni casuali ϵ_t come media dei valori $S_t \cdot \epsilon_t$ sulle diverse stagioni

80

❖ ANALISI DELLE SERIE STORICHE

Decomposizione

4. destagionalizzazione della serie storica ottenuta dividendo ciascun valore della serie per il corrispondente coefficiente stagionale :

$$\frac{D_t}{S_t} = T_t \cdot C_t \cdot \epsilon_t$$

5. determinazione della componente di tendenza attraverso l'identificazione di una curva di regressione (ad esempio lineare) dei valori destagionalizzati della serie in funzione del tempo:

$$T_t = a + b \cdot t$$

6. determinazione dei fattori ciclici attraverso la rimozione dalla serie storica delle componenti di stagionalità e casualità (*mediante la media mobile*) e della componente di tendenza (*mediante la regressione*):

$$C_t = \frac{MM_t}{T_t}$$

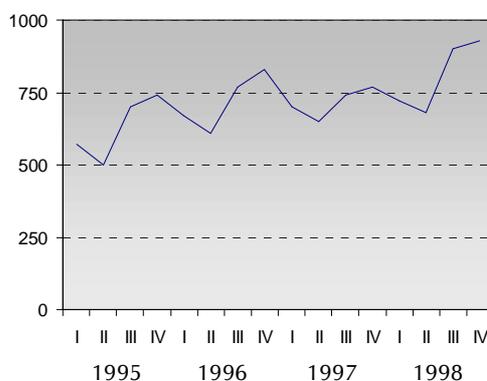
81

❖ ANALISI DELLE SERIE STORICHE

Decomposizione

Esempio : applicare il metodo di decomposizione alle vendite trimestrali di videoregistratori riportati in tabella (*si assuma un modello moltiplicativo*)

| Anno | Trim. | Dt |
|------|-------|-----|
| 1995 | I | 570 |
| | II | 500 |
| | III | 700 |
| | IV | 740 |
| 1996 | I | 670 |
| | II | 610 |
| | III | 770 |
| | IV | 830 |
| 1997 | I | 700 |
| | II | 650 |
| | III | 740 |
| | IV | 770 |
| 1998 | I | 720 |
| | II | 680 |
| | III | 900 |
| | IV | 930 |



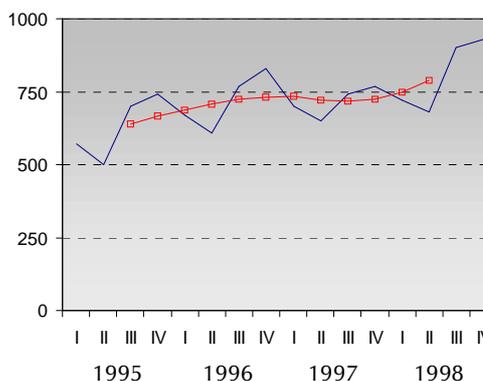
82

❖ ANALISI DELLE SERIE STORICHE

Decomposizione

1. Si applica una media mobile centrata di ordine $k=4$ (per filtrare l'eventuale stagionalità su base annuale)

| Anno | Trim. | D_t | $MM_t(4)$ | $MM_t(2)$ |
|------|-------|-------|-----------|-----------|
| 1995 | I | 570 | | |
| | II | 500 | 627,5 | |
| | III | 700 | 652,5 | 640,0 |
| | IV | 740 | 680,0 | 666,3 |
| 1996 | I | 670 | 697,5 | 688,8 |
| | II | 610 | 720,0 | 708,8 |
| | III | 770 | 727,5 | 723,8 |
| | IV | 830 | 737,5 | 732,5 |
| 1997 | I | 700 | 730,0 | 733,8 |
| | II | 650 | 715,0 | 722,5 |
| | III | 740 | 720,0 | 717,5 |
| | IV | 770 | 727,5 | 723,8 |
| 1998 | I | 720 | 767,5 | 747,5 |
| | II | 680 | 807,5 | 787,5 |
| | III | 900 | | |
| | IV | 930 | | |



83

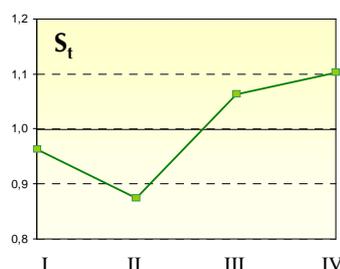
❖ ANALISI DELLE SERIE STORICHE

Decomposizione

2/3. Si determinano i coefficienti di stagionalità per ogni trimestre (valori medi per eliminare la componente irregolare)

| Anno | Trim. | D_t | MM_t | D_t / MM_t |
|------|-------|-------|--------|--------------|
| 1995 | I | 570 | | |
| | II | 500 | | |
| | III | 700 | 640,0 | 1,094 |
| | IV | 740 | 666,3 | 1,111 |
| 1996 | I | 670 | 688,8 | 0,973 |
| | II | 610 | 708,8 | 0,861 |
| | III | 770 | 723,8 | 1,064 |
| | IV | 830 | 732,5 | 1,133 |
| 1997 | I | 700 | 733,8 | 0,954 |
| | II | 650 | 722,5 | 0,900 |
| | III | 740 | 717,5 | 1,031 |
| | IV | 770 | 723,8 | 1,064 |
| 1998 | I | 720 | 747,5 | 0,963 |
| | II | 680 | 787,5 | 0,863 |
| | III | 900 | | |
| | IV | 930 | | |

| Trim. | S_t |
|------------|-------|
| I | 0,963 |
| II | 0,875 |
| III | 1,063 |
| IV | 1,103 |
| $\Sigma =$ | 4 |



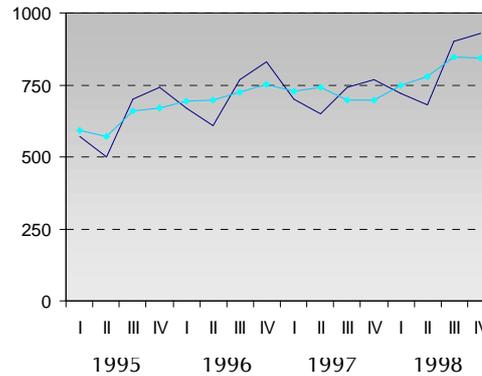
84

❖ ANALISI DELLE SERIE STORICHE

Decomposizione

4. Si ricava la serie dei valori di domanda destagionalizzati

| Anno | Trim. | D_t | S_t | D_t / S_t |
|------|-------|-------|-------|-------------|
| 1995 | I | 570 | 0,963 | 592 |
| | II | 500 | 0,875 | 572 |
| | III | 700 | 1,063 | 659 |
| | IV | 740 | 1,103 | 671 |
| 1996 | I | 670 | 0,963 | 696 |
| | II | 610 | 0,875 | 697 |
| | III | 770 | 1,063 | 724 |
| | IV | 830 | 1,103 | 753 |
| 1997 | I | 700 | 0,963 | 727 |
| | II | 650 | 0,875 | 743 |
| | III | 740 | 1,063 | 696 |
| | IV | 770 | 1,103 | 698 |
| 1998 | I | 720 | 0,963 | 747 |
| | II | 680 | 0,875 | 777 |
| | III | 900 | 1,063 | 847 |
| | IV | 930 | 1,103 | 843 |



85

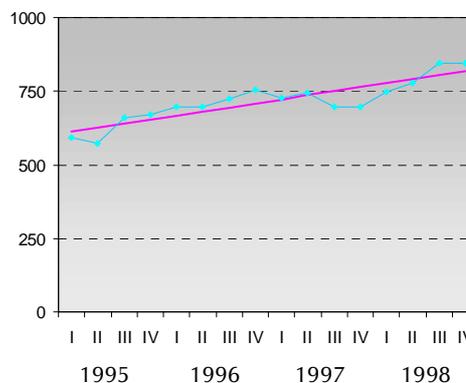
❖ ANALISI DELLE SERIE STORICHE

Decomposizione

5. Si determina la retta di regressione sui dati di domanda destagionalizzati

| Anno | Trim. | D_t / S_t | $T_t = a + b t$ |
|------|-------|-------------|-----------------|
| 1995 | I | 592 | 612 |
| | II | 572 | 625 |
| | III | 659 | 639 |
| | IV | 671 | 653 |
| 1996 | I | 696 | 667 |
| | II | 697 | 681 |
| | III | 724 | 694 |
| | IV | 753 | 708 |
| 1997 | I | 727 | 722 |
| | II | 743 | 736 |
| | III | 696 | 750 |
| | IV | 698 | 763 |
| 1998 | I | 747 | 777 |
| | II | 777 | 791 |
| | III | 847 | 805 |
| | IV | 843 | 819 |

$a : 598$
 $b : 13,8$



86

❖ ANALISI DELLE SERIE STORICHE

Decomposizione

6. Infine si valuta la componente dovuta ad andamenti congiunturali ciclici (sovra-annuali)

| Anno | Trim. | MM_t | $T_t = a + b t$ | $C_t = MM_t / T_t$ |
|------|-------|--------|-----------------|--------------------|
| 1995 | I | | 612 | |
| | II | | 625 | |
| | III | 640,0 | 639 | 1,001 |
| | IV | 666,3 | 653 | 1,020 |
| 1996 | I | 688,8 | 667 | 1,033 |
| | II | 708,8 | 681 | 1,041 |
| | III | 723,8 | 694 | 1,042 |
| | IV | 732,5 | 708 | 1,034 |
| 1997 | I | 733,8 | 722 | 1,016 |
| | II | 722,5 | 736 | 0,982 |
| | III | 717,5 | 750 | 0,957 |
| | IV | 723,8 | 763 | 0,948 |
| 1998 | I | 747,5 | 777 | 0,962 |
| | II | 787,5 | 791 | 0,995 |
| | III | | 805 | |
| | IV | | 819 | |

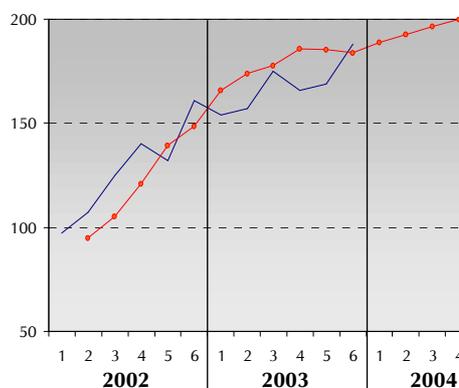
87

❖ SMORZAMENTO ESPONENZIALE

Modello di Holt

2. Infine si calcolano le previsioni mese per mese ($m = 1$) per tutti i bimestri a disposizione e successivamente (dal 6° bimestre del 1998) si formulano le previsioni per il futuro ($m = 1, 2, 3, 4, \dots$)

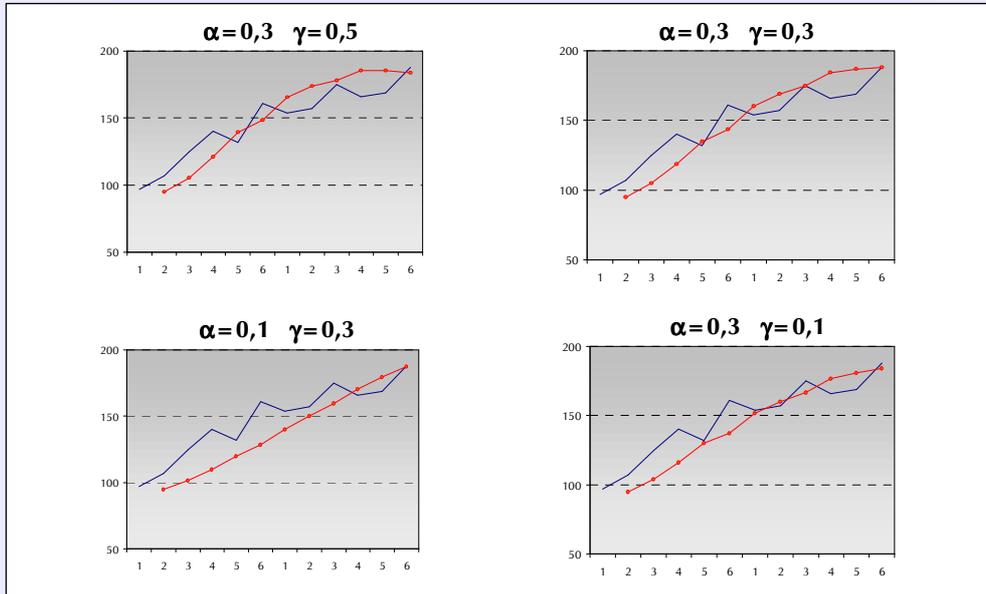
| Anno | Bim. | D_t | M_t | T_t | P_t |
|------|------|-------|-------|---------|-------|
| 2002 | 1 | 97 | 90 | 5 | |
| | 2 | 107 | 99 | 6,8 | 95 |
| | 3 | 125 | 111 | 9,7 | 105 |
| | 4 | 140 | 127 | 12,6 | 121 |
| | 5 | 132 | 137 | 11,5 | 139 |
| | 6 | 161 | 152 | 13,4 | 149 |
| 2003 | 1 | 154 | 162 | 11,6 | 166 |
| | 2 | 157 | 169 | 9,1 | 174 |
| | 3 | 175 | 177 | 8,7 | 178 |
| | 4 | 166 | 180 | 5,7 | 186 |
| | 5 | 169 | 181 | 3,2 | 185 |
| | 6 | 188 | 185 | 3,9 | 184 |
| | | | | $m = 1$ | 189 |
| | | | | $m = 2$ | 193 |
| | | | | $m = 3$ | 197 |
| | | | | $m = 4$ | 200 |



88

❖ SMORZAMENTO ESPONENZIALE

Modello di Holt



89

❖ INDICE DEGLI ARGOMENTI TRATTATI

- ruolo delle previsioni nel processo di pianificazione
- analisi delle serie storiche: stagionalità
- modelli basati sullo smorzamento esponenziale
- fasi del processo di implementazione
- monitoraggio delle previsioni (indicatori dell'errore)
- applicazioni numeriche e casi aziendali

90

❖ SMORZAMENTO ESPONENZIALE

Modello di Brown

DATA LA SERIE STORICA DI VALORI DELLA DOMANDA D_1, D_2, \dots, D_t
LA PREVISIONE PER IL PERIODO $t+1$ VALE :

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

α : COEFFICIENTE DI SMORZAMENTO ($0 \leq \alpha \leq 1$)



LA PREVISIONE E' OTTENUTA DALLA MEDIA PONDERATA TRA
IL VALORE ATTUALE D_t E LA PREVISIONE PRECEDENTE P_t

91

❖ SMORZAMENTO ESPONENZIALE

Procedimento iterativo

al periodo t : $P_{t+1} = \alpha \cdot D_t + (1-\alpha) \cdot P_t$

al periodo $t-1$: $P_t = \alpha \cdot D_{t-1} + (1-\alpha) \cdot P_{t-1}$

al periodo $t-2$: $P_{t-1} = \alpha \cdot D_{t-2} + (1-\alpha) \cdot P_{t-2}$

sostituendo si ottiene : $P_{t+1} = \alpha \cdot D_t + (1-\alpha) \cdot [\alpha \cdot D_{t-1} + (1-\alpha) \cdot P_{t-1}]$

$$P_{t+1} = \alpha \cdot D_t + \alpha \cdot (1-\alpha) \cdot D_{t-1} + (1-\alpha)^2 \cdot P_{t-1}$$



$$P_{t+1} = \alpha \cdot D_t + \alpha \cdot (1-\alpha) \cdot D_{t-1} + \alpha \cdot (1-\alpha)^2 \cdot D_{t-2} \dots + \alpha \cdot (1-\alpha)^{t-i} \cdot D_{t-i}$$

92

❖ SMORZAMENTO ESPONENZIALE

Osservazioni generali

➤ Il modello di Brown (smorzamento semplice) risulta applicabile in assenza di trend e di stagionalità

➤ La previsione P_{t+1}

appartiene all'intervallo $\{D_t; P_t\}$

richiede solo 2 dati $f(D_t, P_t)$

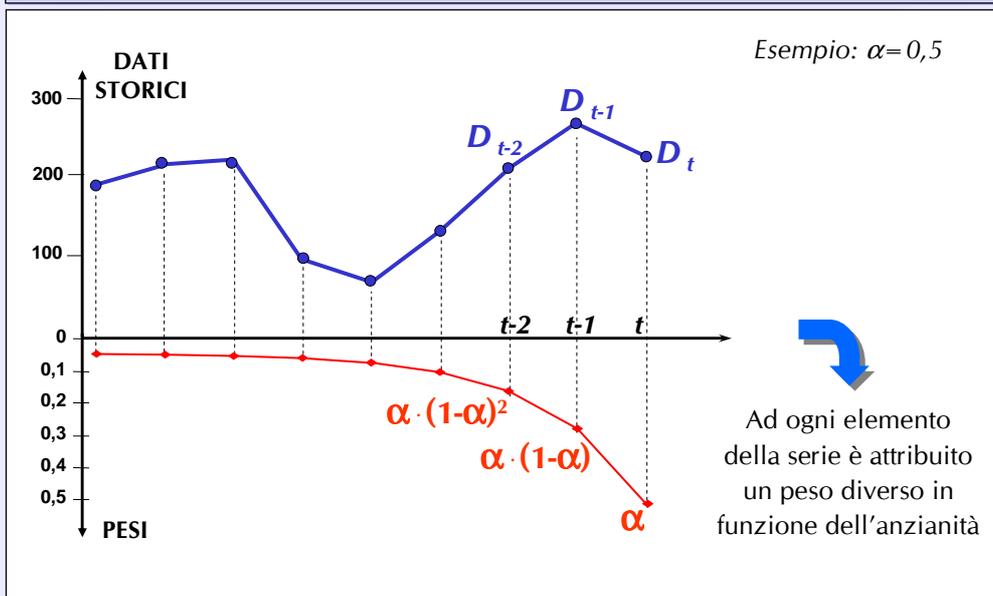
contiene tutti i dati storici $(D_t, D_{t-1}, \dots, D_1)$ ponderati con valori decrescenti secondo una funzione esponenziale negativa

➤ Il valore di α condiziona la reattività del modello previsionale

93

❖ SMORZAMENTO ESPONENZIALE

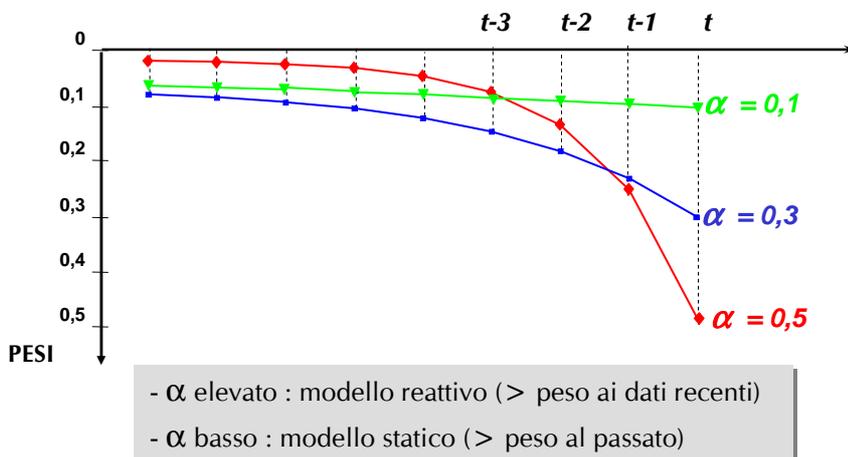
Coefficiente di smorzamento



94

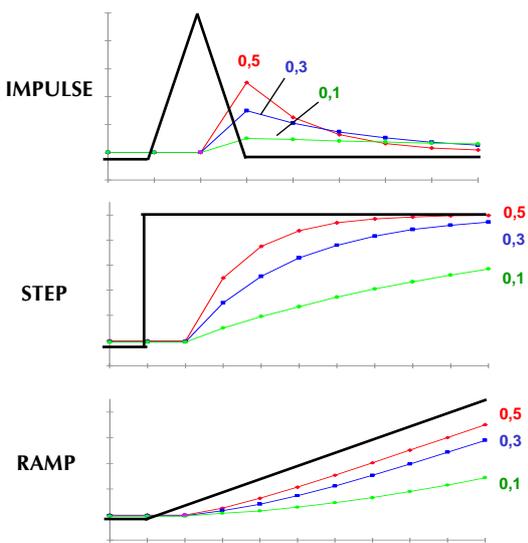
❖ SMORZAMENTO ESPONENZIALE *Coefficiente di smorzamento*

LA SCELTA DEL VALORE DI α AVVIENE ALL'INTERNO DEI LIMITI [0;1]



95

❖ SMORZAMENTO ESPONENZIALE *Coefficiente di smorzamento*



Risposta del modello di smorzamento esponenziale a segnali tipici in funzione del coefficiente di smorzamento

Il ritardo nella risposta del modello semplice in presenza di una componente di trend :
 $E = T / \alpha$

96

❖ SMORZAMENTO ESPONENZIALE

Modello di Brown

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

OSSERVAZIONI

- se $\alpha = 1$: $P_{t+1} = D_t$
- se $\alpha = 0$: $P_{t+1} = P_t$
- al periodo $t=1$: $P_2 = \alpha \cdot D_1 + (1 - \alpha) \cdot P_{iniziale}$

97

❖ SMORZAMENTO ESPONENZIALE

Modello di Brown

Esempio : formulare le previsioni di vendita per la seguente serie storica

| Domanda | gen | feb | mar | apr | mag | giu | lug | ago | set | ott | nov | dic |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 2002 | 157 | 172 | 172 | 120 | 161 | 108 | 71 | 140 | 95 | 130 | 176 | 161 |
| 2003 | 139 | 146 | 190 | 135 | 182 | 186 | 177 | 68 | 168 | 98 | 75 | 116 |

UTILIZZANDO IL MODELLO PREVISIONALE DI BROWN, NEI DUE CASI :

$$\alpha=0,3 \text{ E } \alpha=0,5$$

ADOTTARE COME VALORE INIZIALE DELLA PREVISIONE :

$$P_{iniziale} = 140$$

98

❖ SMORZAMENTO ESPONENZIALE Modello di Brown

E' NECESSARIO PROCEDERE NEL MODO SEGUENTE :

| 2002 | gen | feb | mar | apr | mag | giu | lug | ago | set | ott | nov | dic |
|--------------------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Domanda | 157 | | | | | | | | | | | |
| Previsione (α=0,3) | (140) | 145,1 | | | | | | | | | | |
| Previsione (α=0,5) | (140) | 148,5 | | | | | | | | | | |

La previsione effettuata alla fine di gennaio per il mese di febbraio vale:

$$P_2 = \alpha \cdot D_1 + (1 - \alpha) \cdot P_{iniziale}$$

$$P_2 = 0,3 \cdot 157 + (1 - 0,3) \cdot 140$$

$$P_2 = 0,5 \cdot 157 + (1 - 0,5) \cdot 140$$

99

❖ SMORZAMENTO ESPONENZIALE Modello di Brown

UNA VOLTA AVVIATO, IL MODELLO ELABORA LE PREVISIONI MESE PER MESE :

| 2002 | gen | feb | mar | apr | mag | giu | lug | ago | set | ott | nov | dic |
|--------------------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Domanda | 157 | 172 | | | | | | | | | | |
| Previsione (α=0,3) | (140) | 145,1 | 153,2 | | | | | | | | | |
| Previsione (α=0,5) | (140) | 148,5 | 160,3 | | | | | | | | | |

La previsione effettuata alla fine di febbraio per il mese di marzo vale:

$$P_3 = \alpha \cdot D_2 + (1 - \alpha) \cdot P_2$$

$$P_3 = 0,3 \cdot 172 + (1 - 0,3) \cdot 145,1$$

$$P_3 = 0,5 \cdot 172 + (1 - 0,5) \cdot 148,5$$

100

❖ SMORZAMENTO ESPONENZIALE

Modello di Brown

PROCEDENDO IN QUESTO MODO E' POSSIBILE RICAVARE LE PREVISIONI PER TUTTI I 24 MESI DELLA SERIE STORICA

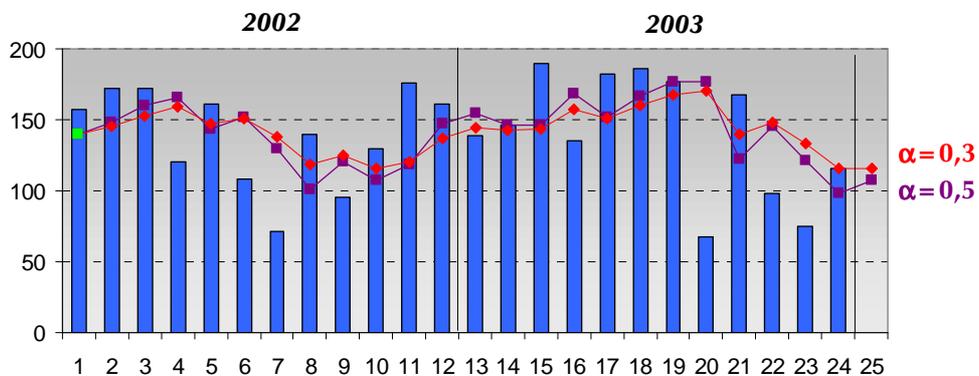
| 2002 | gen | feb | mar | apr | mag | giu | lug | ago | set | ott | nov | dic |
|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Domanda | 157 | 172 | 172 | 120 | 161 | 108 | 71 | 140 | 95 | 130 | 176 | 161 |
| Previsione ($\alpha=0,3$) | (140) | 145,1 | 153,2 | 158,8 | 147,2 | 151,3 | 138,3 | 118,1 | 124,7 | 115,8 | 120,0 | 136,8 |
| Previsione ($\alpha=0,5$) | (140) | 148,5 | 160,3 | 166,1 | 143,1 | 152,0 | 130,0 | 100,5 | 120,3 | 107,6 | 118,8 | 147,4 |
| 2003 | gen | feb | mar | apr | mag | giu | lug | ago | set | ott | nov | dic |
| Domanda | 139 | 146 | 190 | 135 | 182 | 186 | 177 | 68 | 168 | 98 | 75 | 116 |
| Previsione ($\alpha=0,3$) | 144,1 | 142,6 | 143,6 | 157,5 | 150,8 | 160,1 | 167,9 | 170,6 | 139,8 | 148,3 | 133,2 | 115,7 |
| Previsione ($\alpha=0,5$) | 154,2 | 146,6 | 146,3 | 168,2 | 151,6 | 166,8 | 176,4 | 176,7 | 122,3 | 145,2 | 121,6 | 98,3 |

101

❖ SMORZAMENTO ESPONENZIALE

Modello di Brown

PROCEDENDO IN QUESTO MODO E' POSSIBILE RICAVARE LE PREVISIONI PER TUTTI I 2 ANNI A DISPOSIZIONE E PER IL GENNAIO 2004



102

❖ SMORZAMENTO ESPONENZIALE

Modello di Winters

AL TERMINE DEL PERIODO t E' POSSIBILE CALCOLARE LA PREVISIONE PER IL
 GENERICO PERIODO FUTURO $t+m$:

$$P_{t+m} = (M_t + m \cdot T_t) \cdot S_{t-L+m}$$

m : ORIZZONTE DI PREVISIONE



LA PREVISIONE E' OTTENUTA A PARTIRE DAL VALORE DELLA MEDIA
 SMORZATA M_t , CORRETTA MEDIANTE IL TREND SMORZATO T_t
 ED IL RELATIVO ORIZZONTE PREVISIONALE m

103

❖ SMORZAMENTO ESPONENZIALE

Modello di Winters

AL TERMINE DEL PERIODO t SI AGGIORNANO I VALORI
 SMORZATI DELLA MEDIA, TREND, STAGIONALITA' :

$$\text{Media : } M_t = \alpha \cdot \frac{D_t}{S_{t-L}} + (1 - \alpha) \cdot (M_{t-1} + T_{t-1})$$

$$\text{Trend : } T_t = \gamma \cdot (M_t - M_{t-1}) + (1 - \gamma) \cdot T_{t-1}$$

$$\text{Stagionalità : } S_t = \beta \cdot \frac{D_t}{M_t} + (1 - \beta) \cdot S_{t-L}$$

104

❖ SMORZAMENTO ESPONENZIALE

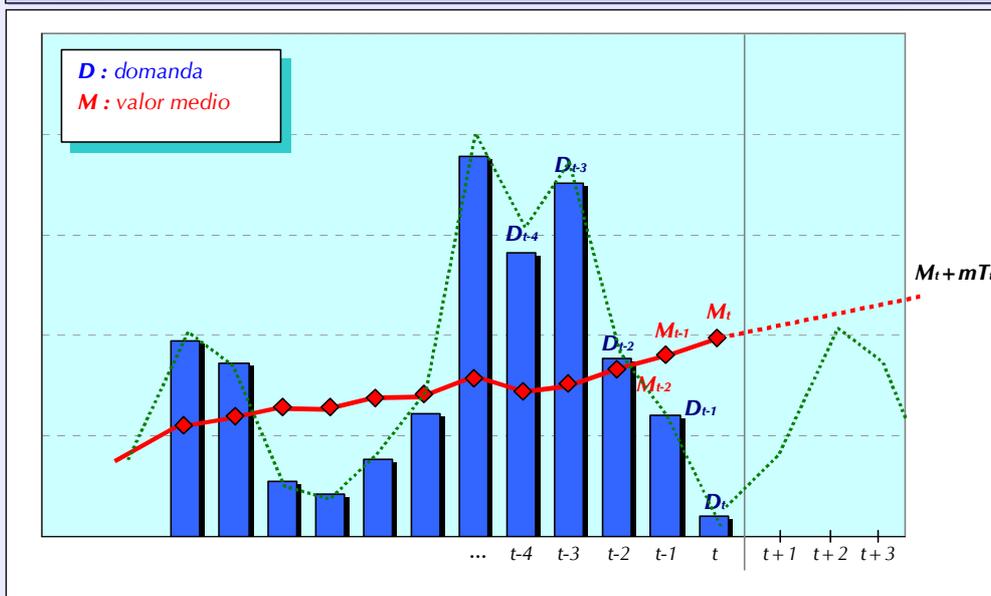
Modello di Winters

- Il modello di Winters si applica direttamente ai dati della serie storica della domanda, in presenza di trend e di stagionalità
- La previsione P_{t+m}
 - richiede 4 dati $f(D_t, M_{t-1}, T_{t-1}, S_{t+m-L})$
 - contiene tutti i dati storici $(D_t, D_{t-1}, \dots, D_1)$
 - ponderati con valori decrescenti
- I valori di α, β, γ condizionano la reattività del modello
- All'aumentare di m diminuisce l'accuratezza delle previsioni

105

❖ SMORZAMENTO ESPONENZIALE

Modello di Winters



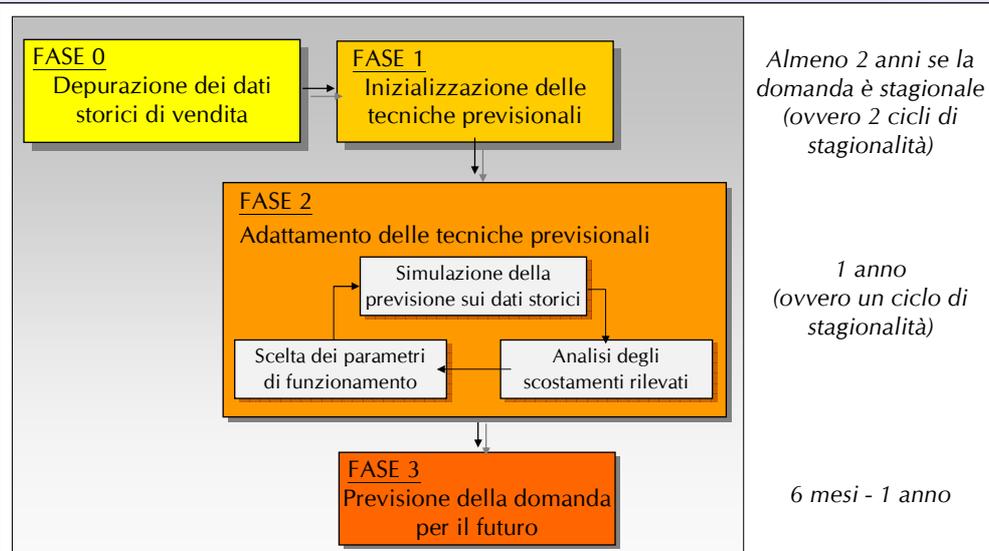
106

❖ INDICE DEGLI ARGOMENTI TRATTATI

- ❑ ruolo delle previsioni nel processo di pianificazione
- ❑ analisi delle serie storiche: stagionalità
- ❑ modelli basati sullo smorzamento esponenziale
- ❑ fasi del processo di implementazione
- ❑ monitoraggio delle previsioni (indicatori dell'errore)
- ❑ applicazioni numeriche e casi aziendali

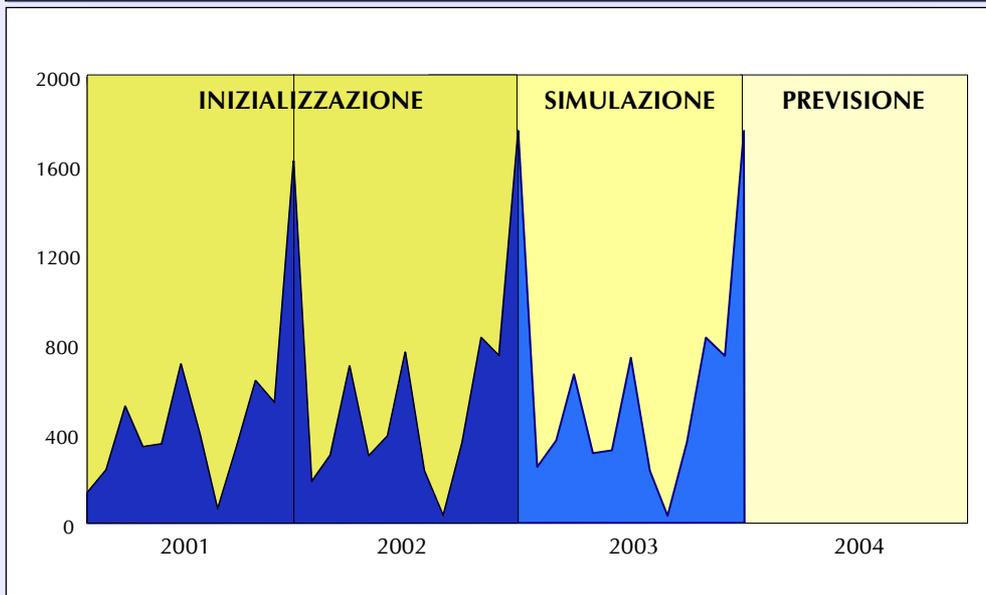
107

❖ SCHEMA GENERALE DI IMPLEMENTAZIONE



108

❖ FASI TEMPORALI DI ANALISI DELLE SERIE STORICHE

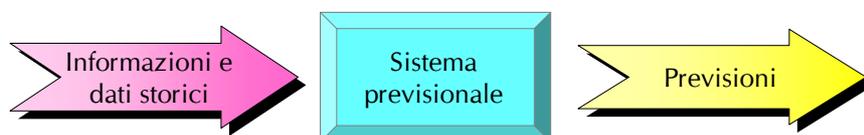


109

❖ IMPLEMENTAZIONE

Fase 0. Depurazione dati

QUALSIASI MODELLO DI ESTRAPOLAZIONE DELLE SERIE STORICHE PROIETTA NEL FUTURO UNA PREVISIONE CHE E' BASATA SULLE SOLE COMPONENTI PREVEDIBILI ⇒ NECESSITÀ DI DEPURARE LA SERIE DEI DATI



- La qualità dei risultati previsionali dipende dalla qualità dei dati di input (GI-GO : Garbage In - Garbage Out)
- Qualsiasi sia il modello statistico utilizzato, ad un dato errato o non coerente corrisponderà sempre una previsione poco accurata

110

❖ IMPLEMENTAZIONE

Fase 1. Inizializzazione

E' NECESSARIO DEFINIRE I VALORI INIZIALI DELLE RELAZIONI RICORSIVE DEI MODELLI DI BROWN, HOLT E WINTERS :

$$\text{Brown (1): } P_{t+1} = \alpha \cdot D_t + (1 - \alpha) \cdot P_t$$

$$\text{Holt (2): } M_t = \alpha \cdot D_t + (1 - \alpha) \cdot (M_{t-1} + T_{t-1})$$

$$\text{Winters (3): } M_t = \alpha \cdot \frac{D_t}{S_{t-L}} + (1 - \alpha) \cdot (M_{t-1} + T_{t-1})$$

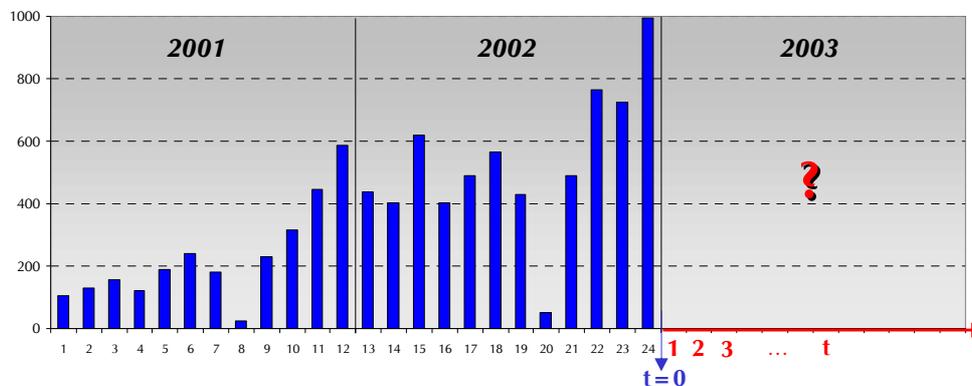
111

❖ IMPLEMENTAZIONE

Fase 1. Inizializzazione

ESEMPIO : data una serie storica mensile e stagionale, si calcolano i valori iniziali di media, trend e stagionalità sui dati storici dei primi 2 anni a consuntivo

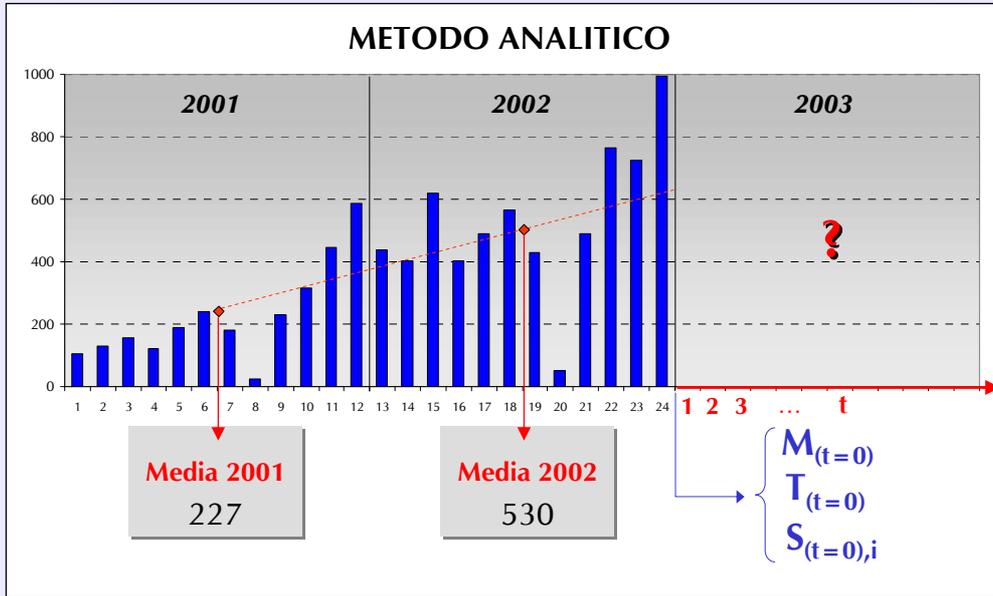
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|
| 2001 | 106 | 130 | 157 | 121 | 190 | 240 | 180 | 23 | 230 | 315 | 447 | 586 |
| 2002 | 437 | 402 | 620 | 403 | 488 | 566 | 430 | 52 | 489 | 764 | 724 | 995 |



112

❖ IMPLEMENTAZIONE

Fase 1. Inizializzazione



113

❖ IMPLEMENTAZIONE

Fase 1. Inizializzazione

METODO ANALITICO

trend iniziale :
$$T_{(t=0)} = \frac{M_{02} - M_{01}}{12} = \frac{530 - 227}{12} = 25,2$$

media iniziale :
$$M_{(t=0)} = M_{02} + \frac{12}{2} T_{(t=0)} = 530 + 6 \cdot 25,2 = 680$$

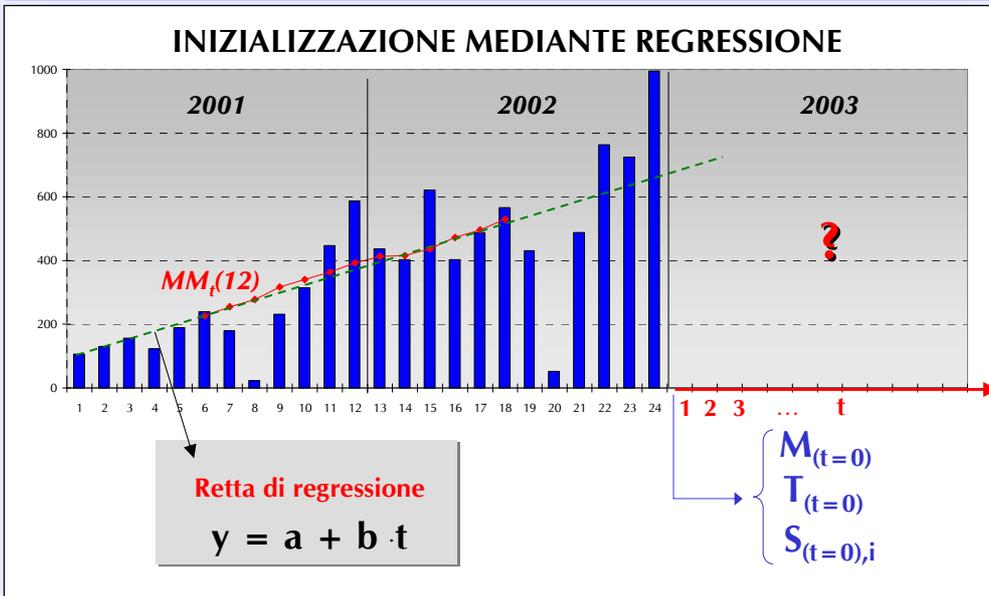
stagionalità iniz. :
$$S_{(t=0),gen} = \frac{\frac{D_{gen,01}}{M_{01}} + \frac{D_{gen,02}}{M_{02}}}{2} = \frac{\frac{106}{227} + \frac{437}{530}}{2} = 0,646^*$$

* idem per febbraio, marzo, ...

114

❖ IMPLEMENTAZIONE

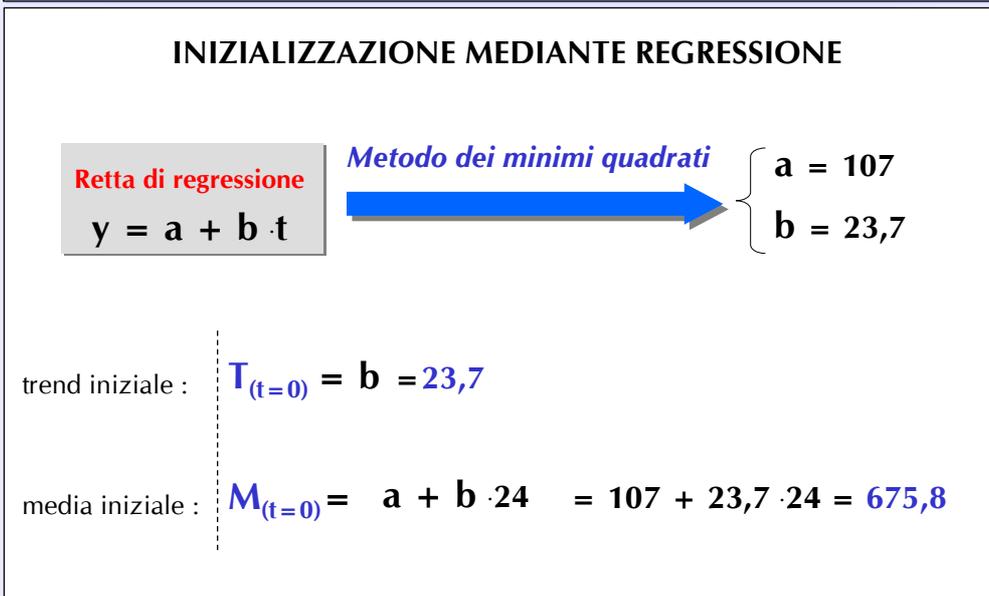
Fase 1. Inizializzazione



115

❖ IMPLEMENTAZIONE

Fase 1. Inizializzazione



116

❖ IMPLEMENTAZIONE

Fase 1. Inizializzazione

INIZIALIZZAZIONE MEDIANTE REGRESSIONE

stagionalità iniz.: $S_{(t=0),gen} = \frac{D_{gen,01}}{a + b \cdot 1} + \frac{D_{gen,02}}{a + b \cdot 13}$

$$= \frac{106}{107 + 23,7 \cdot 1} + \frac{437}{107 + 23,7 \cdot 13} = 0,932^*$$

* idem per febbraio, marzo, ...

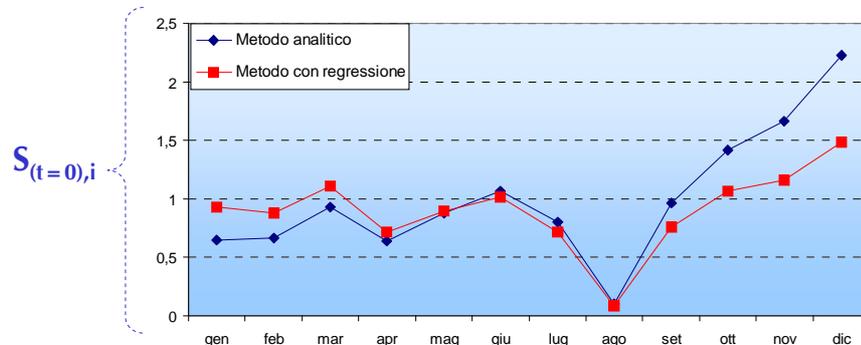
117

❖ IMPLEMENTAZIONE

Fase 1. Inizializzazione

CONFRONTO TRA I DUE
METODI DI INIZIALIZZAZIONE

| | analitico | regressione |
|-------------|-----------|-------------|
| $M_{(t=0)}$ | 580 | 675,8 |
| $T_{(t=0)}$ | 25,2 | 23,7 |

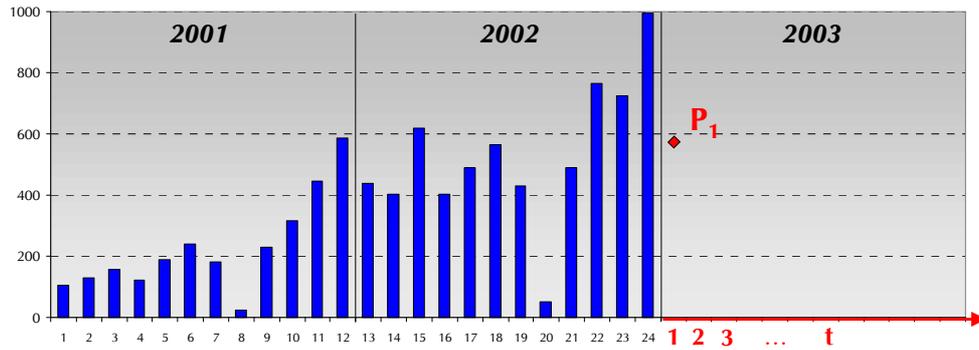


118

❖ IMPLEMENTAZIONE

Fase 2. Adattamento

UNA VOLTA DEFINITI I VALORI INIZIALI DELLE PRINCIPALI VARIABILI DEL MODELLO, E' POSSIBILE "AVVIARE" IL PROCEDIMENTO PREVISIONALE A PARTIRE DAL PRIMO PERIODO A DISPOSIZIONE (nell'esempio : gennaio 2003)



119

❖ IMPLEMENTAZIONE

Fase 2. Adattamento

Dal periodo $t=0$ si effettua una previsione "simulata" mese per mese ($m=1$), ignorando i dati di domanda (noti) del mese successivo

Microsoft Excel - Previsioni Es (98-99).xls

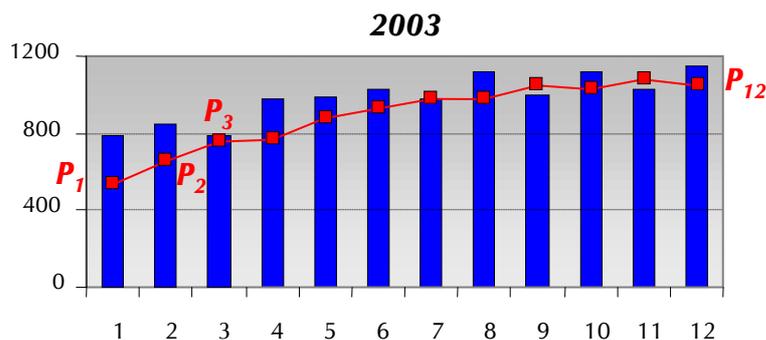
| ANNO | MESE | PERIODI | DOMANDA | MEDIA | TREND | STAG. | PREVISIONE | ERRORE |
|------|-----------|---------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|----------------|
| | | t | D | M | T | S | F | E |
| 3 | Gennaio | | | | | So.gen | | |
| 4 | Febbraio | | | | | So.feb | | |
| 5 | Marzo | | | | | So.mar | | |
| 6 | Aprile | | | | | So.apr | | |
| 7 | Maggio | | | | | So.mag | | |
| 8 | Giugno | | | | | So.giu | | |
| 9 | Luglio | | | | | So.lug | | |
| 10 | Agosto | | | | | So.ago | | |
| 11 | Settembre | | | | | So.set | | |
| 12 | Ottobre | | | | | So.ott | | |
| 13 | Novembre | | | | | So.nov | | |
| 14 | Dicembre | | | | | So.dic | | |
| 15 | Gennaio | 1 | D ₁ | M ₁ | T ₁ | S ₁ | P _{1st} | E ₁ |
| 16 | Febbraio | 2 | D ₂ | | | | P ₁₊₁ | E ₂ |
| 17 | Marzo | 3 | D ₃ | | | | | |
| 18 | Aprile | 4 | D ₄ | | | | | |
| 19 | Maggio | 5 | D ₅ | | | | | |
| 20 | Giugno | 6 | D ₆ | | | | | |
| 21 | Luglio | 7 | D ₇ | | | | | |
| 22 | Agosto | 8 | D ₈ | | | | | |
| 23 | Settembre | 9 | D ₉ | | | | | |

120

❖ **IMPLEMENTAZIONE**

Fase 2. Adattamento

DOPO AVER "SIMULATO" LE PREVISIONI PER TUTTO IL 2003 (12 VALORI DI PREVISIONE), SI POSSONO ANALIZZARE GLI SCOSTAMENTI TRA LA DOMANDA EFFETTIVAMENTE VERIFICATASI E LA RELATIVA PREVISIONE



121

❖ **INDICE DEGLI ARGOMENTI TRATTATI**

- ruolo delle previsioni nel processo di pianificazione
- analisi delle serie storiche: stagionalità
- modelli basati sullo smorzamento esponenziale
- fasi del processo di implementazione
- monitoraggio delle previsioni (indicatori dell'errore)
- applicazioni numeriche e casi aziendali

122

❖ **IL MONITORAGGIO DELLE PREVISIONI**

IN QUALSIASI PROCESSO PREVISIONALE IL SISTEMA DI MONITORAGGIO
NE RAPPRESENTA UNA DELLE COMPONENTI FONDAMENTALI

**LE POSSIBILI CAUSE
DI SCOSTAMENTO**

- sono cambiati dei legami o dei rapporti tra le variabili interne al modello
- sono emerse delle nuove variabili esplicative
- si sono modificate alcune componenti del modello
- sono sopraggiunti degli eventi particolari o anomali

123

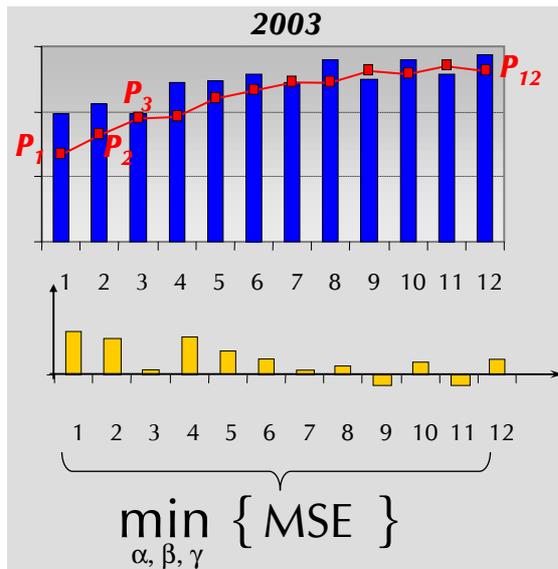
❖ **IMPLEMENTAZIONE**

Fase 2. Simulazione

L'errore di previsione per il periodo t è definito come differenza tra il valore effettivo della domanda ed il valore previsto per quel periodo



$$E_t = D_t - P_t$$



124

❖ **MONITORAGGIO DELLE PREVISIONI** *Indicatori dell'errore*

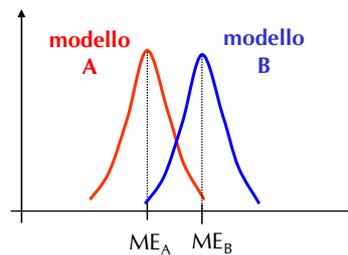
ME (Mean Error) : ERRORE MEDIO

$$ME = \frac{\sum_{t=1}^n E_t}{n}$$

➤ indica se l'errore è mediamente in eccesso o in difetto (*BIAS*):

$$ME < 0 \Rightarrow DM < PM$$

$$ME > 0 \Rightarrow DM > PM$$



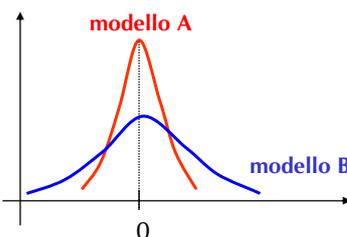
125

❖ **MONITORAGGIO DELLE PREVISIONI** *Indicatori dell'errore*

MAD (Mean Absolute Deviation) : SCARTO MEDIO ASSOLUTO

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |E_t|}{n}$$

- misura la consistenza degli errori in valore assoluto
- gli errori di segno opposto non si autocompensano
- non consente di cogliere la correlazione degli errori



126

❖ **MONITORAGGIO DELLE PREVISIONI** *Indicatori dell'errore*

MAPE (Mean Absolute % Error): ERRORE ASSOLUTO MEDIO %

$$\text{MAPE} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{|E_t|}{D_t}}{n} \times 100$$

- consente di confrontare serie di valori differenti su scala percentuale
- a parità di errore in valore assoluto, il MAPE penalizza maggiormente gli errori commessi in periodi a bassa domanda
- perde significato se la serie presenta valori di domanda nulli

127

❖ **MONITORAGGIO DELLE PREVISIONI** *Indicatori dell'errore*

SDE (Standard Deviation of Errors) : DEVIAZIONE STD ERRORI

$$\text{SDE} = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (E_t)^2}{n-1}}$$

- fa riferimento ad un campione di n osservazioni (il termine $n-1$ rappresenta il numero di gradi di libertà ovvero il numero di dati della serie storica che sono indipendenti tra loro)
- è fondamentale per il dimensionamento delle scorte di sicurezza

128

❖ **MONITORAGGIO DELLE PREVISIONI**

Indicatori dell'errore

MSE (Mean Square Error) : ERRORE QUADRATICO MEDIO

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (E_t)^2}{n}$$

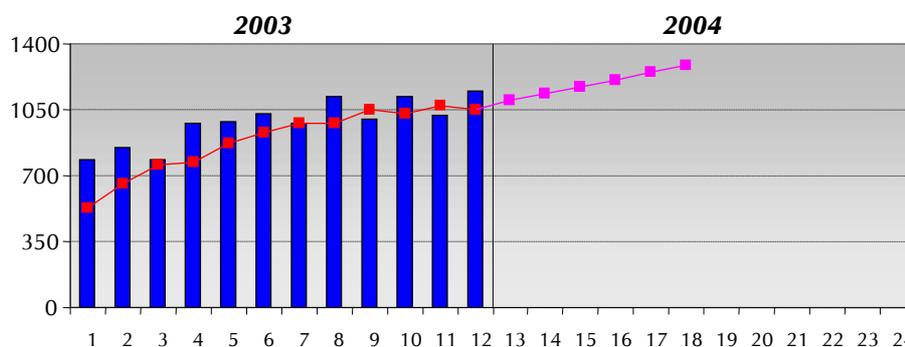
- penalizza maggiormente gli errori elevati in valore assoluto
- fornisce indicazioni simili allo SDE
- l'unità di misura risultante è poco pratica (unità al quadrato)

129

❖ **IMPLEMENTAZIONE**

Fase 3. Previsione

INFINE, SULLA BASE DEI RISULTATI DELLA SIMULAZIONE CONDOTTA NELLA FASE PRECEDENTE, E' POSSIBILE PROIETTARE NEL FUTURO LE PREVISIONI



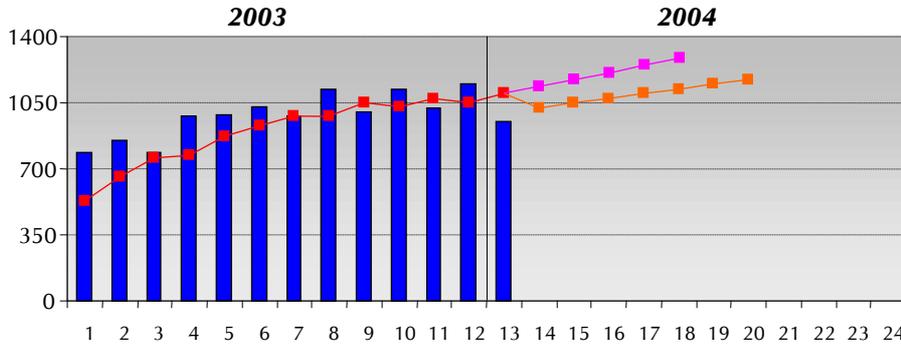
Alla fine del periodo di simulazione vengono generate le previsioni per i prossimi 6 mesi (con la configurazione ottimale del modello di previsione)

130

❖ IMPLEMENTAZIONE

Fase 3. Previsione

NON APPENA SI DISPONE DI UN NUOVO DATO DI DOMANDA, E' POSSIBILE AGGIORNARE LE VARIABILI DI FUNZIONAMENTO DEL MODELLO E FORMULARE ALTRE PREVISIONI PER IL FUTURO



Alla fine del mese 13 vengono riformulate le previsioni per i prossimi 6 mesi (in questo caso il "periodo congelato" è solo il mese "+ 1")

131

❖ IMPLEMENTAZIONE

Fase 3. Previsione

AZIONI SPECIALI

(politiche di marketing, offerte speciali, campagne di vendita, promozioni, ...)

A_{t+m}

EFFETTI DI CALENDARIO

(festività mobili, giorni lavorativi, ...)

S'_{t+m}

ALTRE INFORMAZIONI

(commesse particolari, andamento del mercato, azioni della concorrenza, ...)

K_{t+m}

$$\tilde{P}_{t+m} = P_{t+m} \cdot S'_{t+m} \cdot A_{t+m} + K_{t+m}$$

132