

❖ CORSO DI “Gestione dei sistemi produttivi e logistici”



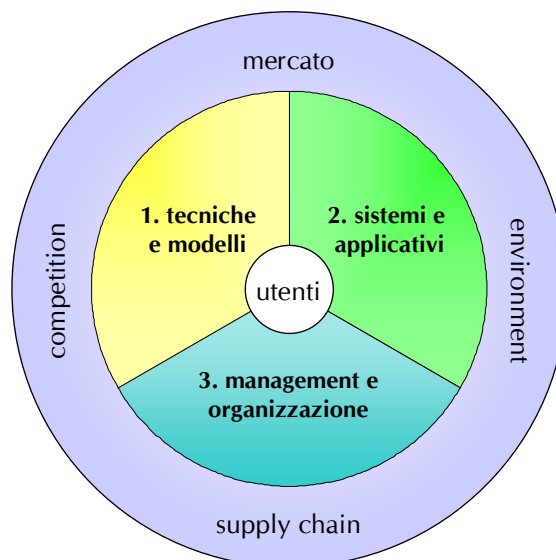
**ANALISI DELLA DOMANDA E
PROCESSO PREVISIONALE**

Prof. Fabrizio Dallari

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

1

❖ IL PROCESSO PREVISIONALE



2

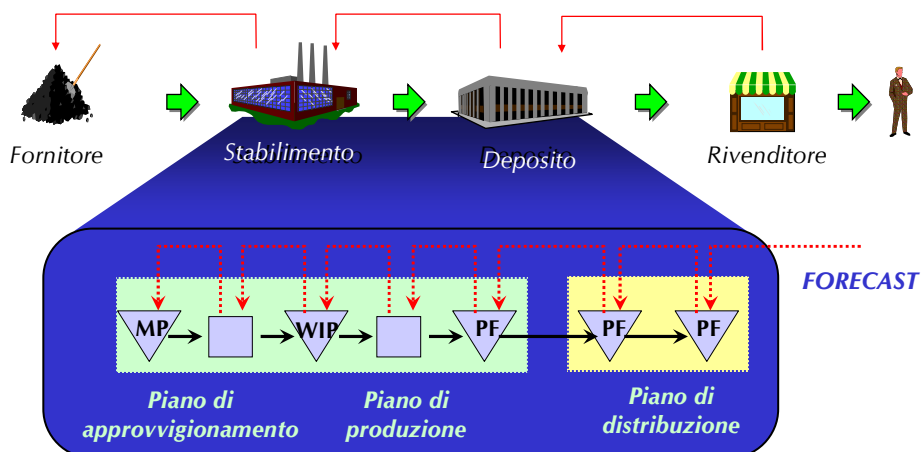
❖ INDICE

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

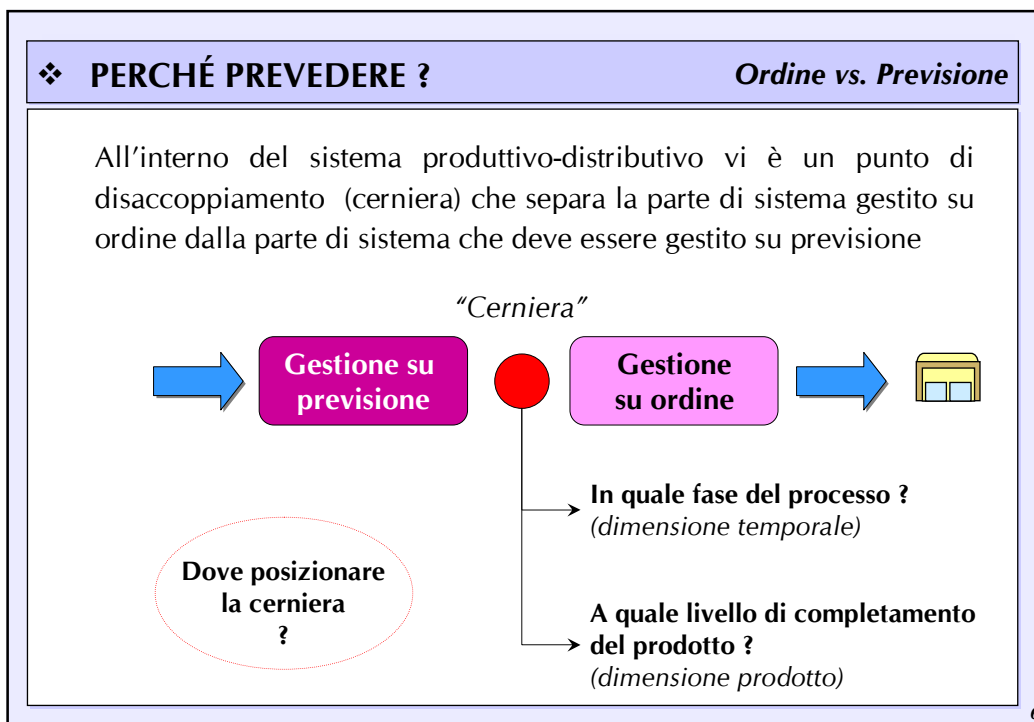
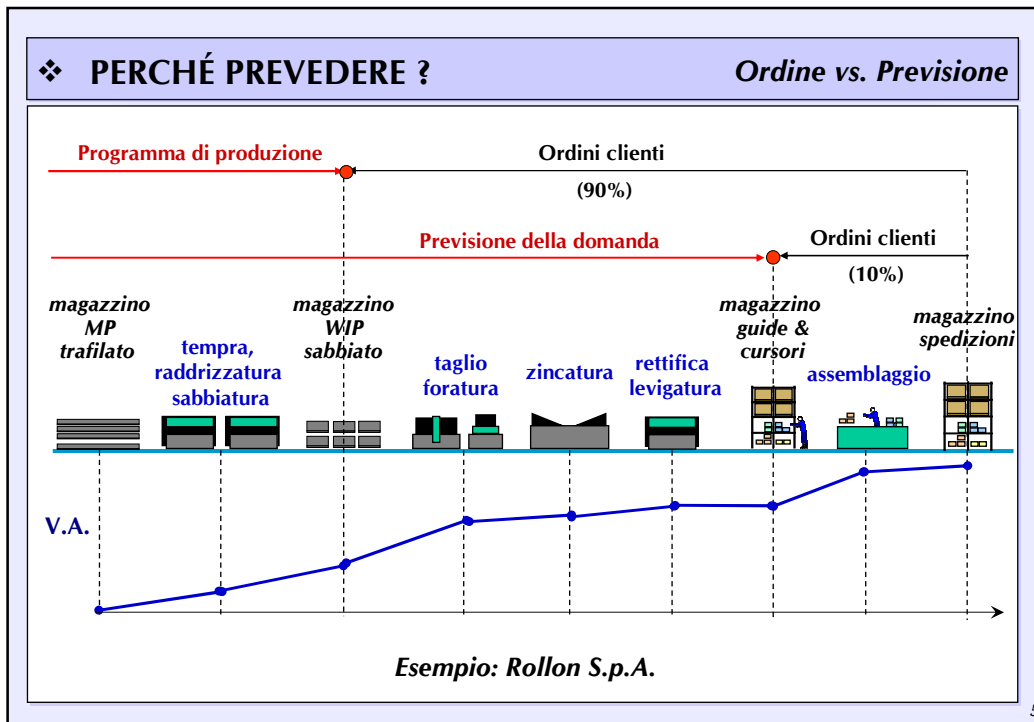
3

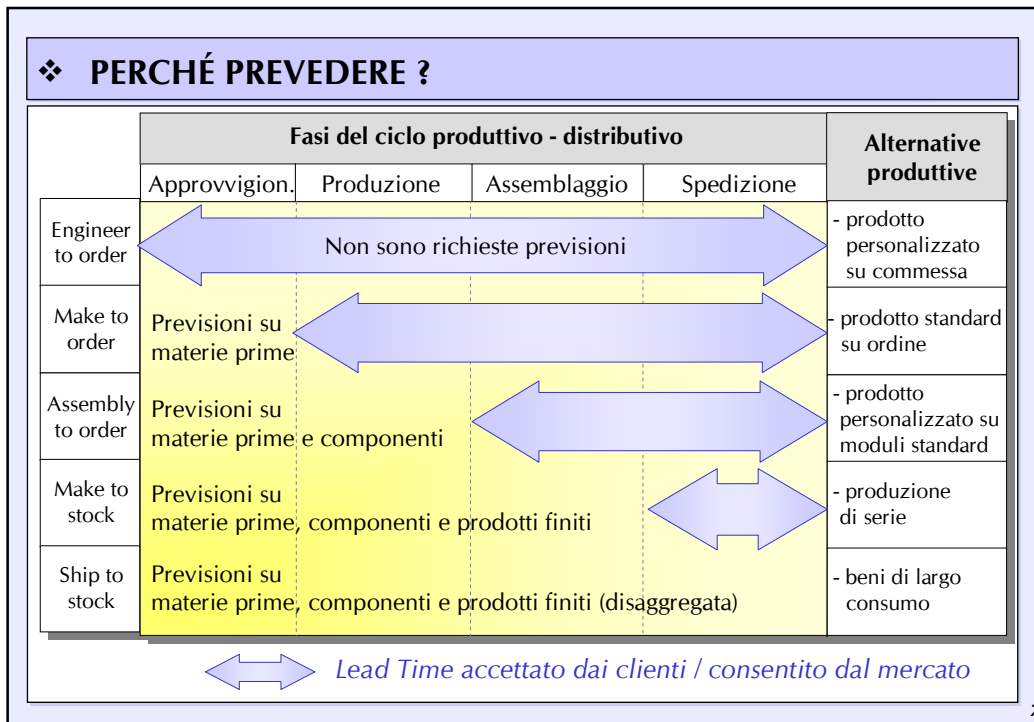
❖ IL PROCESSO DI PIANIFICAZIONE INTEGRATA

La gestione e il controllo delle scorte si basano su un corretto sistema di pianificazione della domanda di mercato e di gestione degli ordini







4





❖ 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)

9

❖ 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*)

10

❖ INDICE

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

11

❖ PREVISIONE DELLA DOMANDA COMMERCIALE

- **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)



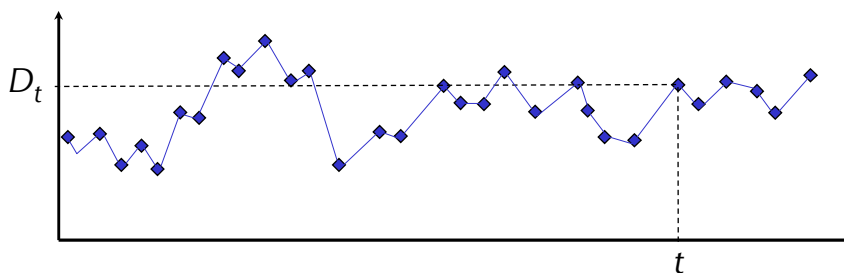
TECNICHE QUANTITATIVE BASATE SU SERIE STORICHE

12

❖ **SERIE STORICHE**

DEFINIZIONE

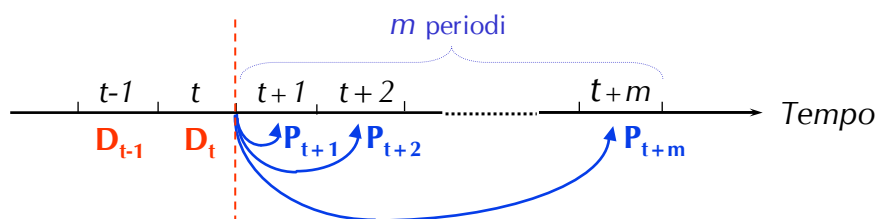
Un **serie storica** è una sequenza di valori ($D_1, D_2, D_3, \dots, D_t \dots$) assunti da una grandezza misurabile (*numero di ordini, migliaia di lire, kg, litri, ...*) e osservati in corrispondenza di specifici intervalli temporali di norma equidistanti (*giorni, settimane, mesi, trimestri, anni,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



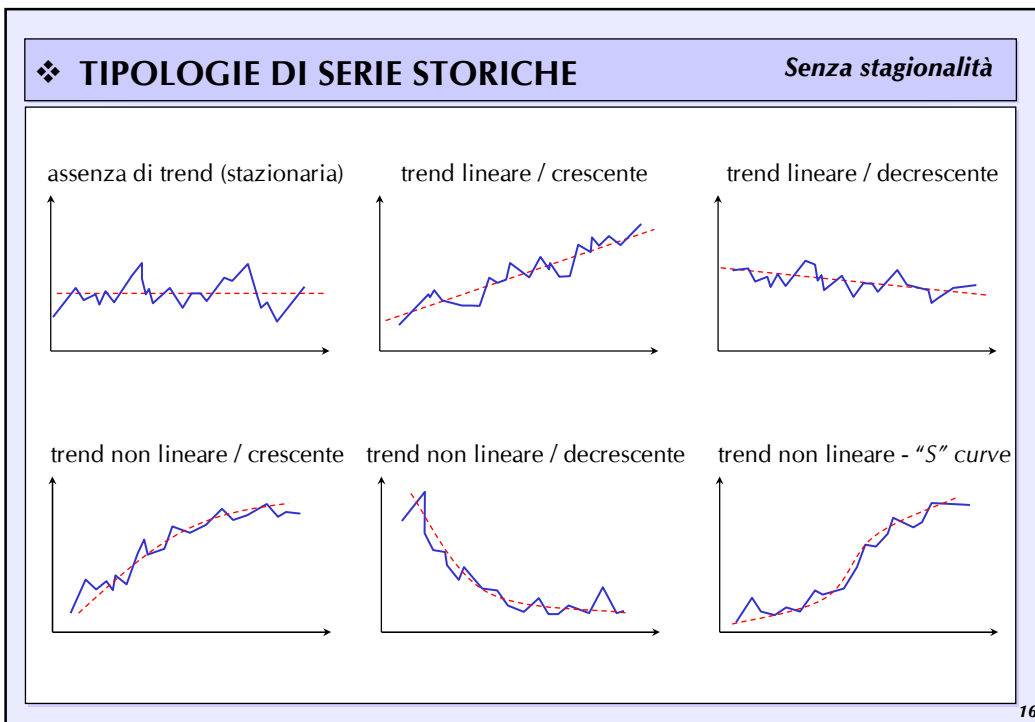
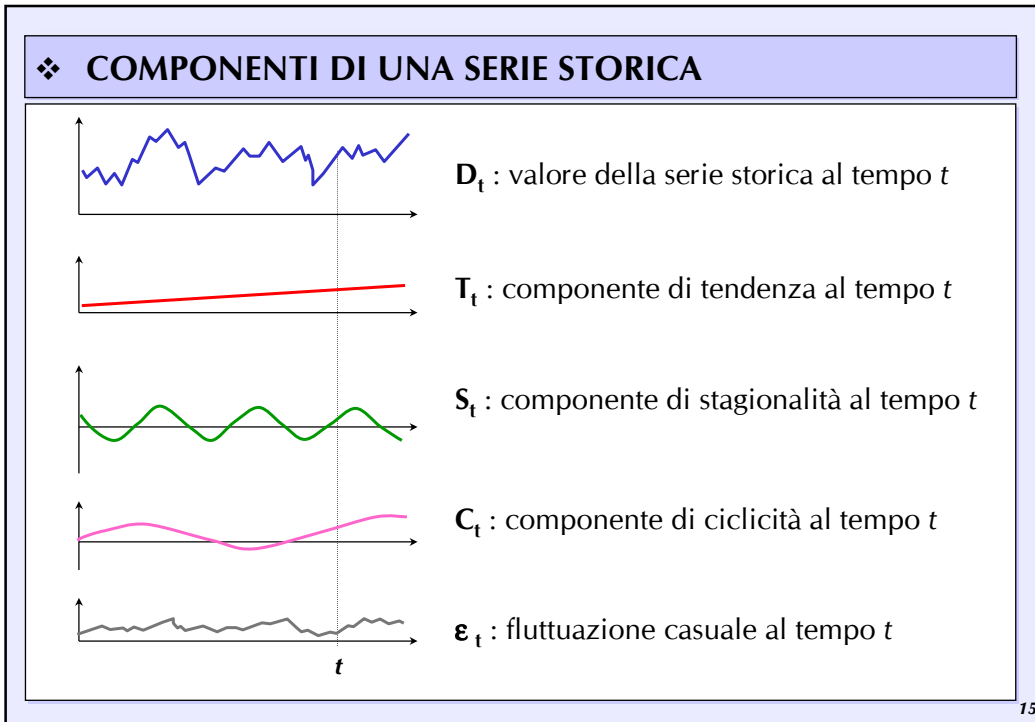
13

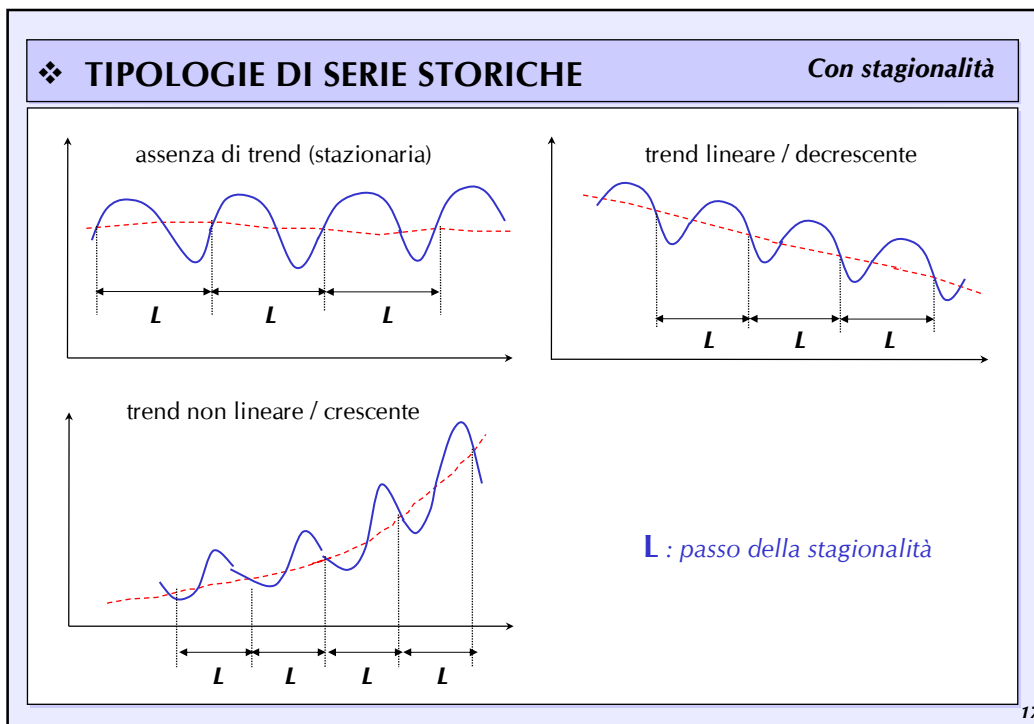
❖ **SIMBOLOGIA ADOTTATA**

- 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



14





❖ ANALISI DELLE SERIE STORICHE

$$D_t = f (T_t, S_t, C_t, \varepsilon_t)$$

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

18

❖ 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)

19

❖ 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
1996	155	354	492	358	359	688	401	82	336	525	604	944
1997	178	360	546	418	394	801	428	95	374	674	573	1088

20

❖ 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"

$$r_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (X_t - \bar{X}_{(1)}) \cdot (X_{t+k} - \bar{X}_{(2)})}{\sqrt{\sum_{t=1}^{n-k} (X_t - \bar{X}_{(1)})^2} \cdot \sqrt{\sum_{t=1}^{n-k} (X_{t+k} - \bar{X}_{(2)})^2}}$$

dove: $\bar{X}_{(1)} = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} X_t}{n-k}$ e $\bar{X}_{(2)} = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} X_{t+k}}{n-k}$ ($k = 1, 2, 3, \dots$)

27

❖ ANALISI DELLE SERIE STORICHE

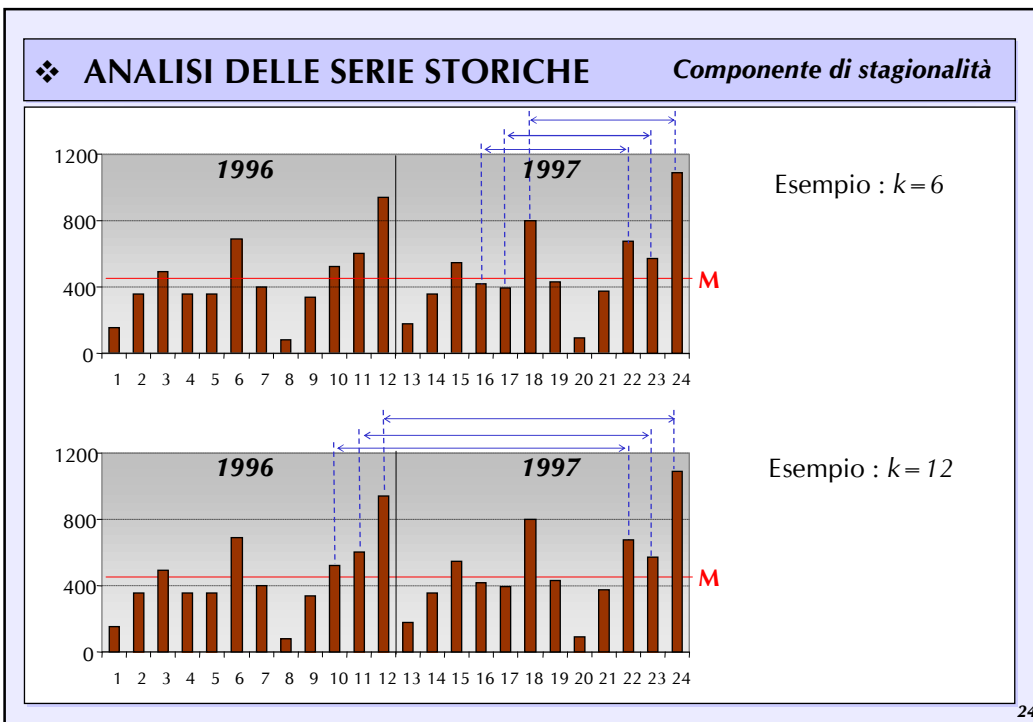
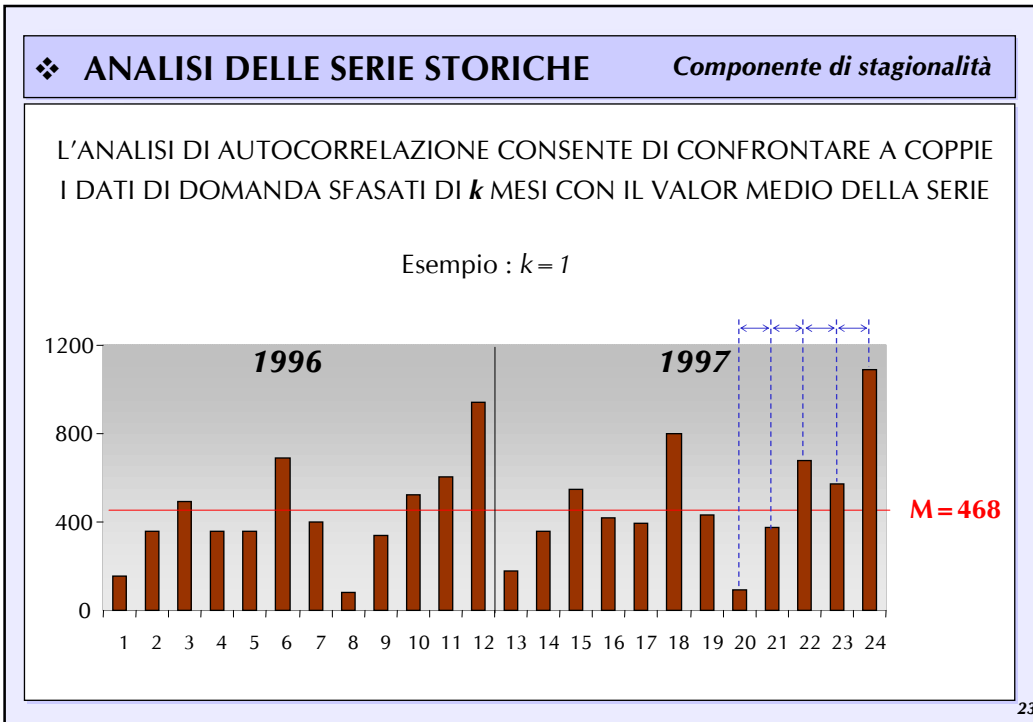
Componente di stagionalità

E' DIMOSTRABILE CHE, PER ELEVATI VALORI DI N E VICEVERSA PER BASSI VALORI DI "k", LA FORMULA PER IL CALCOLO DEL COEFFICIENTE DI AUTOCORRELAZIONE PUO' ESSERE SEMPLIFICATA COME SEGUE:

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

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

22



ANALISI DELLE SERIE STORICHE *Componente di stagionalità*

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

1996	155
	354
	492
	358
	359
	688
	401
	82
	336
	525
	604
	944
1997	178
	360
	546
	418
	394
	801
	428
	95
	374
	674
	573
	1088

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

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

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

es. k = 6

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

25

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]) "

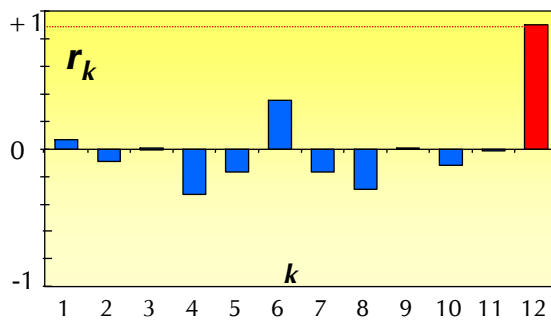
26

❖ 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 ($L = 12$)

27

❖ 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



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

28

❖ 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
1996	155	354	492	358	359	688	401	82	336	525	604	944
1997	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
1996	0,331	0,757	1,052	0,765	0,767	1,471	0,857	0,175	0,718	1,122	1,291	2,018
1997	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

29

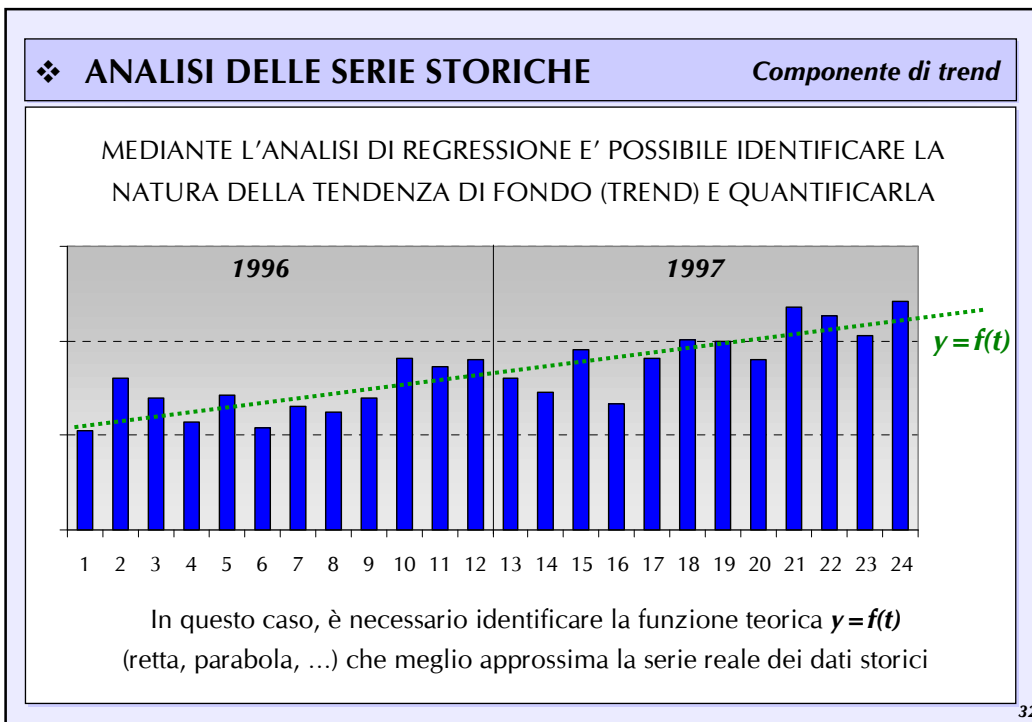
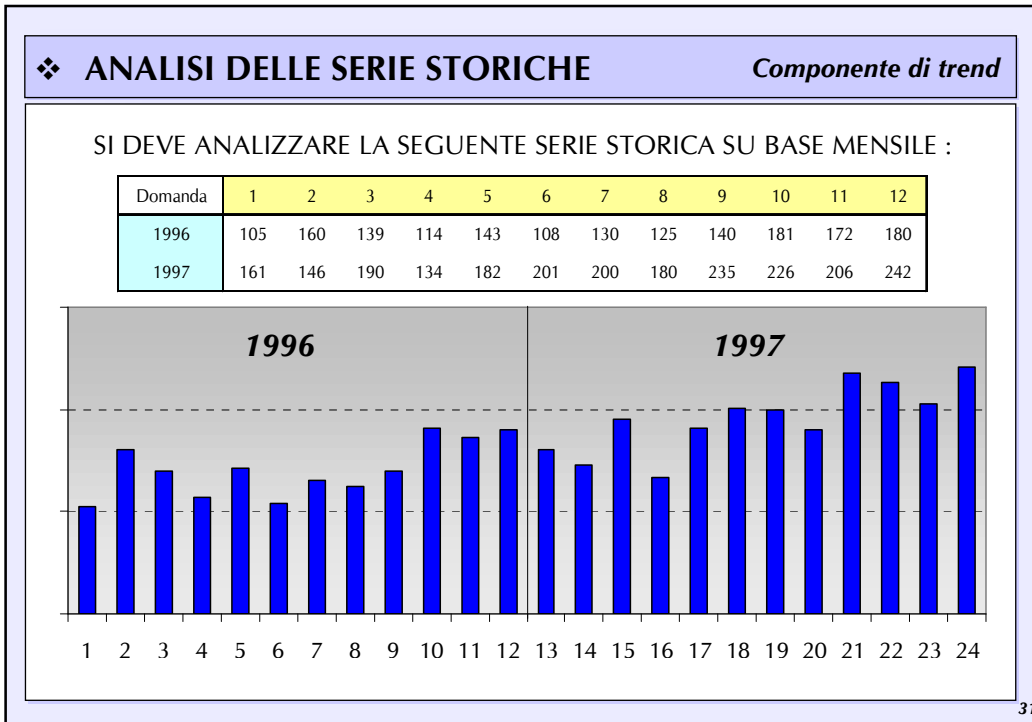
❖ ANALISI DELLE SERIE STORICHE *Componente di stagionalità*

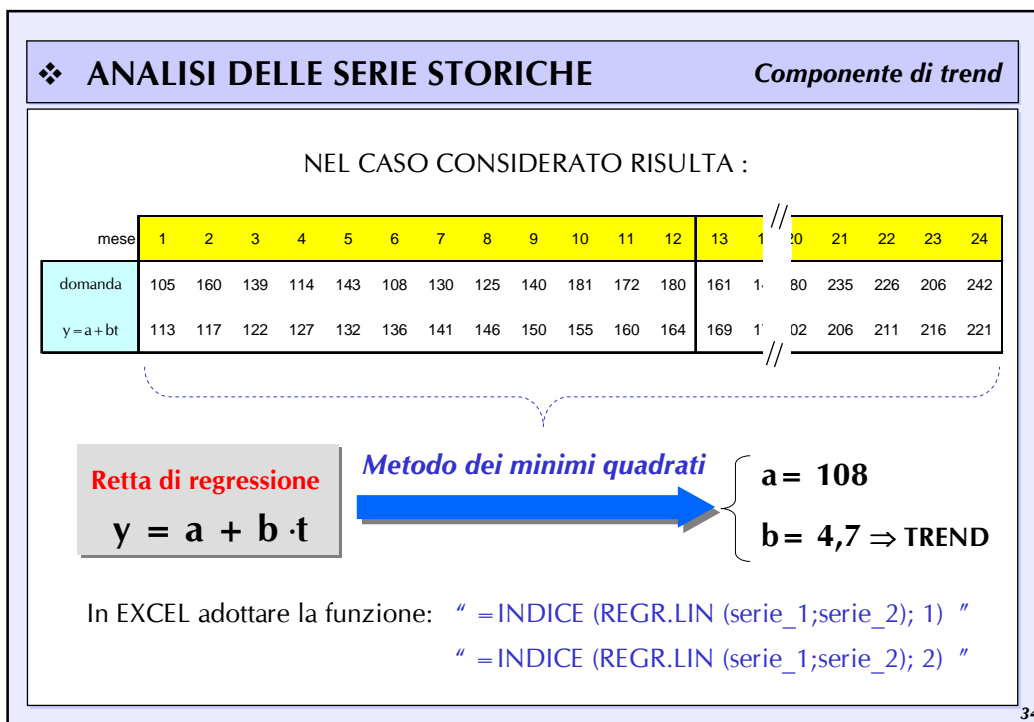
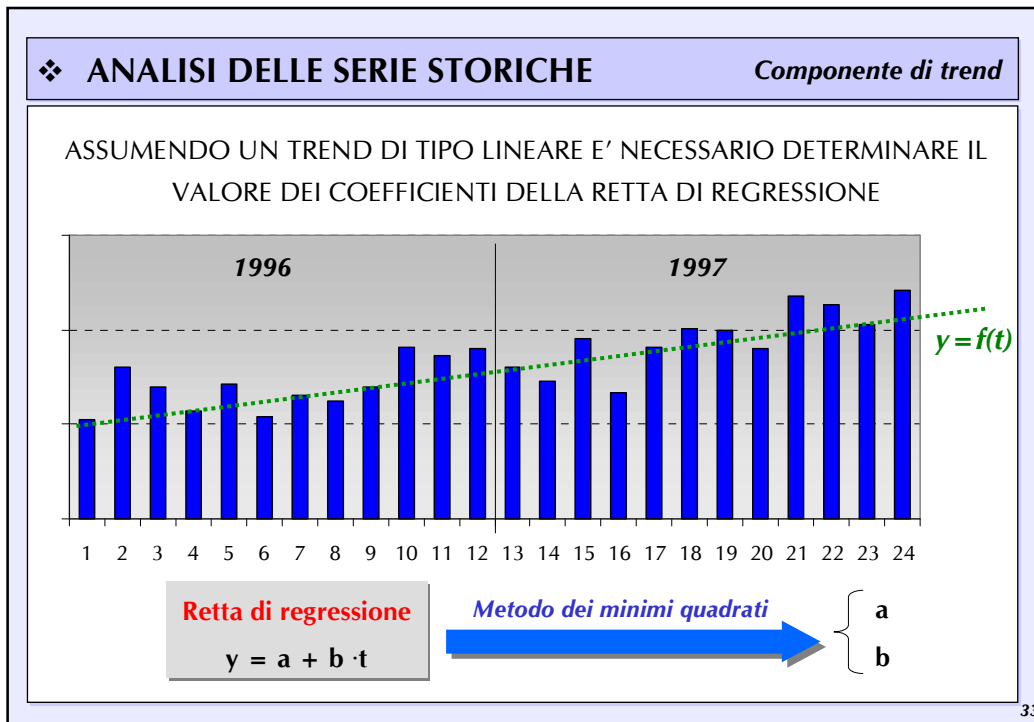
RIPORTANDO I VALORI DEI COEFFICIENTI DI STAGIONALITA' SI OTTIENE LA COSIDDETTA " FIGURA DI STAGIONALITA' "

vendite superiori alla media
 $S_i > 1$

vendite inferiori alla media
 $0 < S_i < 1$

30

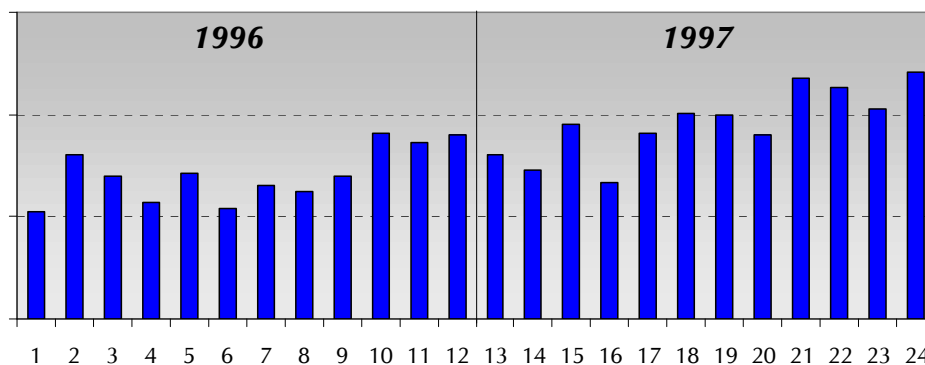




❖ ANALISI DELLE SERIE STORICHE

Componente di trend

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



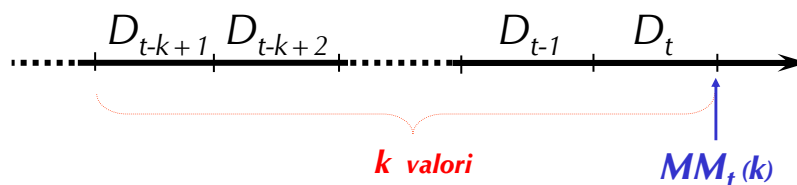
35

❖ 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":

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



36

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

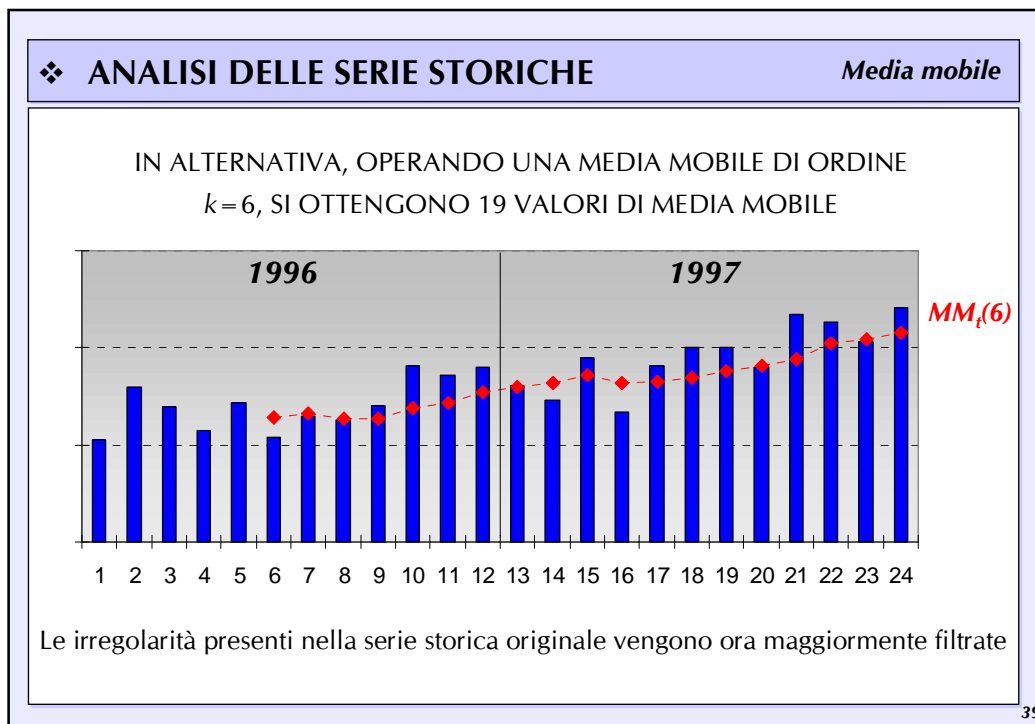
37

❖ 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

38



❖ ANALISI DELLE SERIE STORICHE *Media mobile*

NUMERICAMENTE SI OTTIENE :

mese	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Domanda	105	160	139	114	143	108	130	125	140	181	172	180
M.Mobile (4)	-	-	-	129,5	139	126	123,8	126,5	125,8	144	154,5	168,3
M.Mobile (6)	-	-	-	-	-	128,2	132,3	126,5	126,7	137,8	142,7	154,7
mese	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Domanda	161	146	190	134	182	201	200	180	235	226	206	242
M.Mobile (4)	173,5	164,8	169,3	157,8	163	176,8	179,3	190,8	204	210,3	211,8	227,3
M.Mobile (6)	159,8	163,3	171,7	163,8	165,5	169	175,5	181,2	188,7	204	208	214,8

N.B. All'aumentare dell'ordine "k" della media mobile, aumenta il filtraggio della serie ma si perde un numero maggiore di dati

40

❖ ANALISI DELLE SERIE STORICHE
Media mobile

MEDIA MOBILE CENTRATA

Rappresenta la media aritmetica di k osservazioni tali che t sia il punto di mezzo dell'insieme degli istanti corrispondenti alle osservazioni (nell'ipotesi che k sia dispari).

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

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	146	190	134	182	201	200	180	235	226	206	242	
MMC (5)	-	-	-	132	133	127	124	129	137	150	160	167	168	170	162	163	171	181	179	200	208	209	218	-	-

41

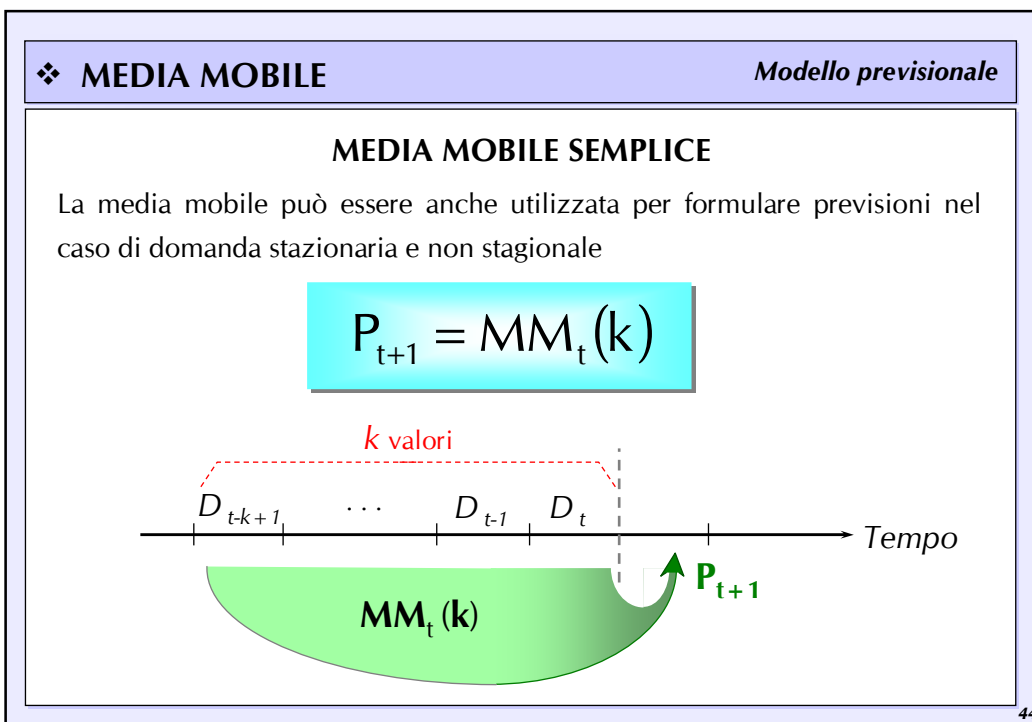
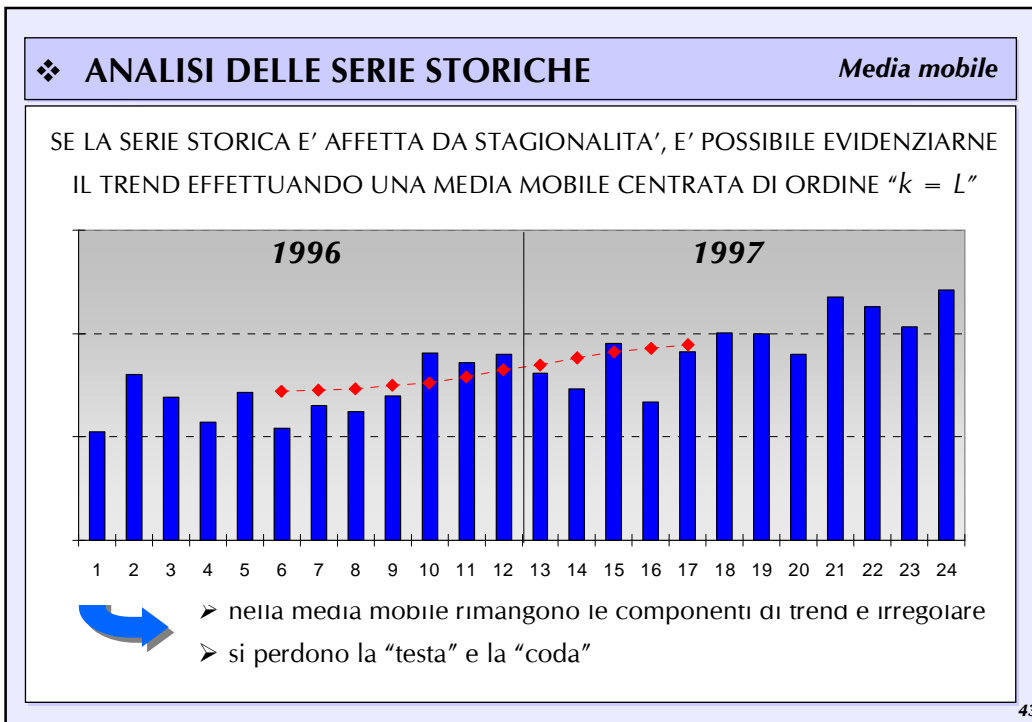
❖ ANALISI DELLE SERIE STORICHE
Media mobile

MEDIA MOBILE CENTRATA

Se k è pari, si ricorre ad una duplice procedura ricorsiva, centrando il primo insieme di medie mobili di ordine k sui punti intermedi degli intervalli temporali e successivamente calcolando una media mobile di ordine $k=2$ per "riallineare temporalmente" i valori

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	146	190	134	182	201	200	180	235	226	206	242	
MM (6)	-	-	-	-	128	132	127	127	138	143	155	160	163	172	164	166	169	176	181	189	204	208	215	-	-
MMC (2)	-	-	-	-	130	129	127	132	140	149	157	162	168	168	165	167	172	178	185	196	206	211	-	-	-

42



❖ **MEDIA MOBILE**
Modello previsionale

ADOTTANDO IL MODELLO DI PREVISIONE A MEDIA MOBILE "k = 6"
CON RIFERIMENTO ALLA SERIE STORICA IN ESAME, SI OTTIENE :

mese	1	2	3	4	5	6								
Domanda	105	160	139	114	143	108								
M-Mobile (6)	-	-	-	-	-	128,2								
Previsione						128,2	132,3	126,4	125,5	181,2	188,7	204,0	208,0	214,8

- i valori della previsione coincidono con quelli della media mobile di ordine "k", sfasati in avanti di un mese
- previsioni solamente per il periodo successivo ($m = 1$)
- per $k = 1$ la previsione coincide con l'ultimo valore a disposizione

45

❖ **INDICE**

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

46

❖ 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

47

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

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



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

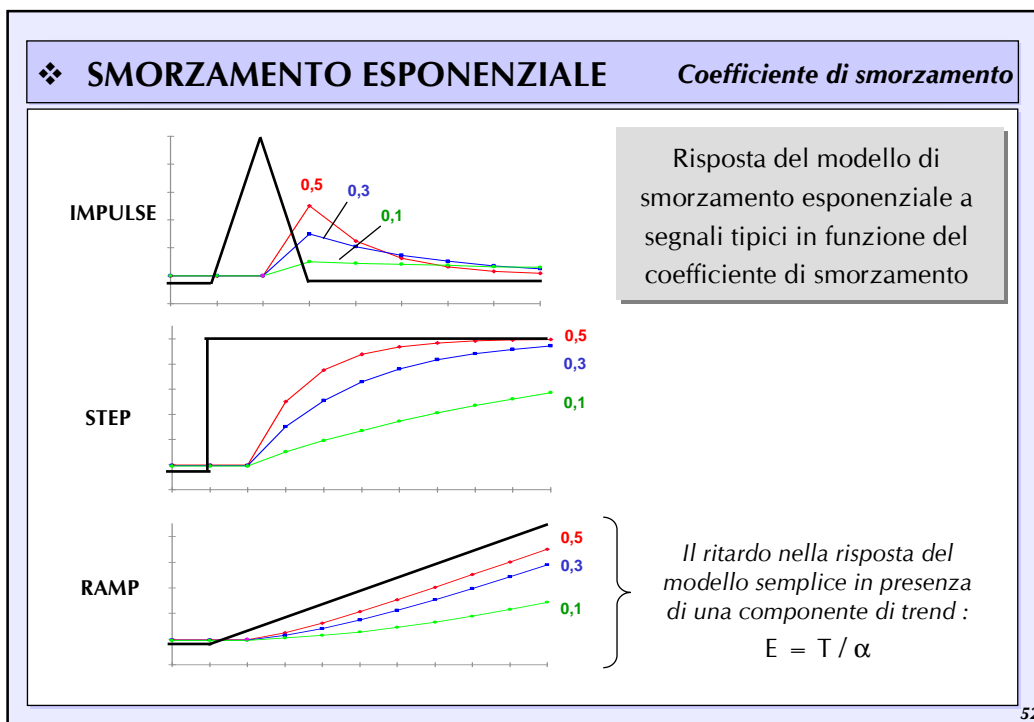
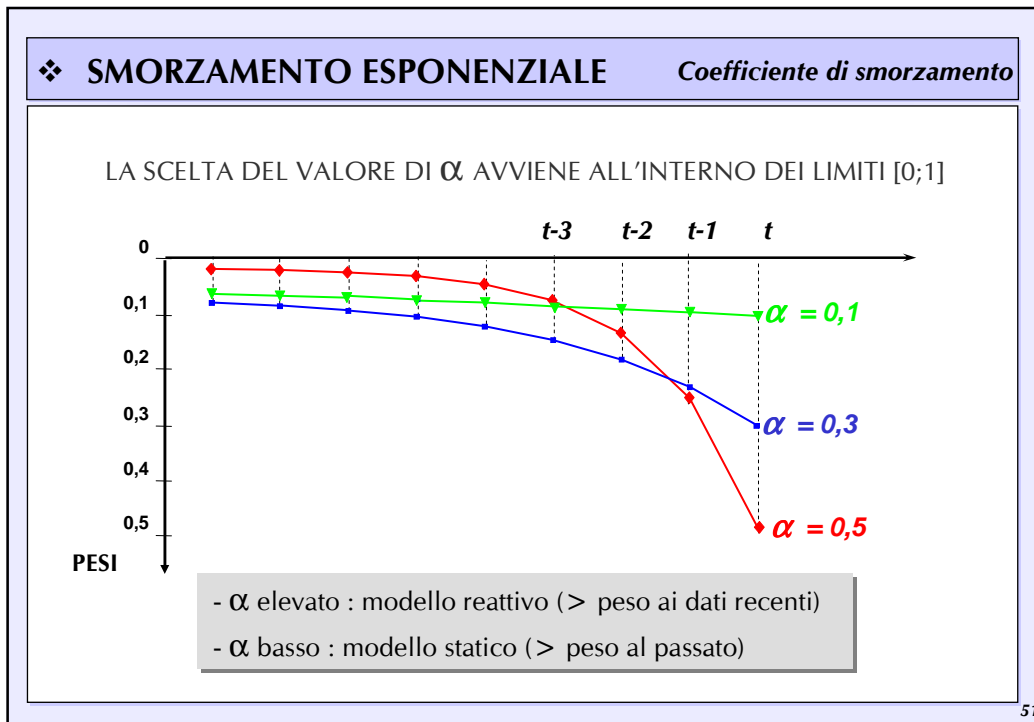
48

❖ SMORZAMENTO ESPONENZIALE	Osservazioni generali
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Il modello di Brown (smorzamento semplice) risulta applicabile in assenza di trend e di stagionalità 	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ La previsione P_{t+1} 	<ul style="list-style-type: none"> 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
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Il valore di α condiziona la reattività del modello previsionale 	

49

❖ SMORZAMENTO ESPONENZIALE	Coefficiente di smorzamento
<p style="text-align: right;">Esempio: $\alpha = 0,5$</p>	
<p style="text-align: right;">Ad ogni elemento della serie è attribuito un peso diverso in funzione dell'anzianità</p>	

50



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

53

❖ 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
1996	157	172	172	120	161	108	71	140	95	130	176	161
1997	139	146	190	135	182	186	177	68	168	98	75	116

UTILIZZANDO IL MODELLO PREVISIONALE DI BROWN, NEI DUE CASI :

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

ADOPTARE COME VALORE INIZIALE DELLA PREVISIONE :

$$P_{\text{iniziale}} = 140$$

54

❖ SMORZAMENTO ESPONENZIALE *Modello di Brown*

E' NECESSARIO PROCEDERE NEL MODO SEGUENTE :

1996	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Domanda	157											
Previsione ($\alpha=0,3$)	(140)	145,1										
Previsione ($\alpha=0,5$)	(140)	148,5										

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

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

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

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

55

❖ SMORZAMENTO ESPONENZIALE *Modello di Brown*

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

1996	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Domanda	157	172										
Previsione ($\alpha=0,3$)	(140)	145,1	153,2									
Previsione ($\alpha=0,5$)	(140)	148,5	160,3									

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

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

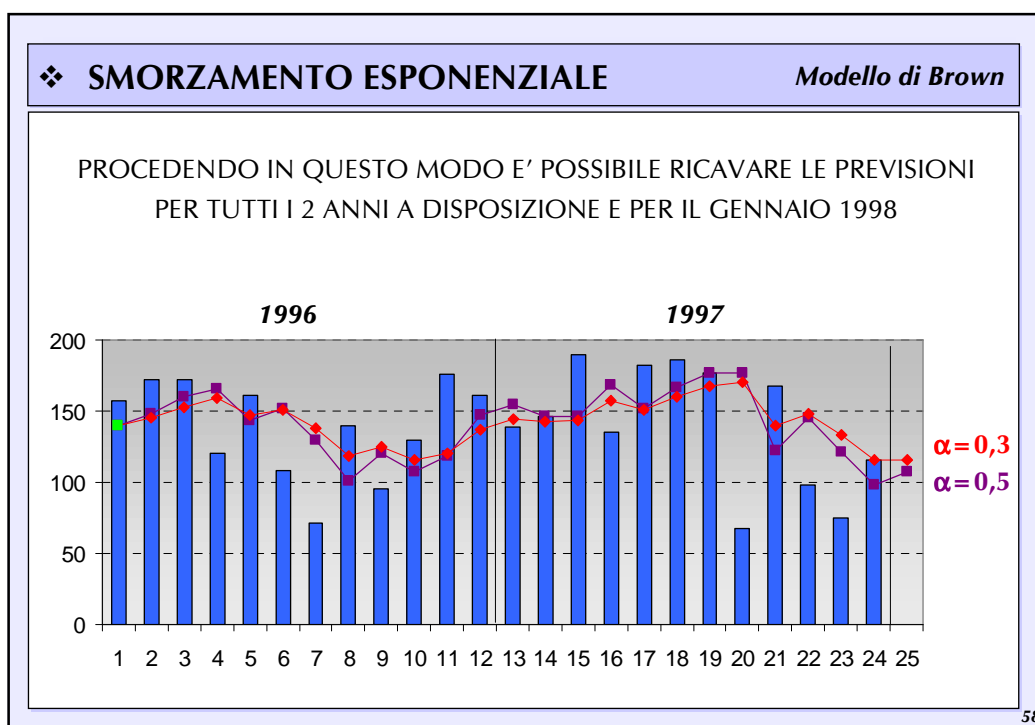
$$P_3 = 0,3 \cdot 172 + (1 - 0,3) \cdot 145,1$$

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

56

❖ SMORZAMENTO ESPONENZIALE		Modello di Brown											
PROCEDENDO IN QUESTO MODO E' POSSIBILE RICAIVARE LE PREVISIONI PER TUTTI I 24 MESI DELLA SERIE STORICA													
1996		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	
1997		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

57



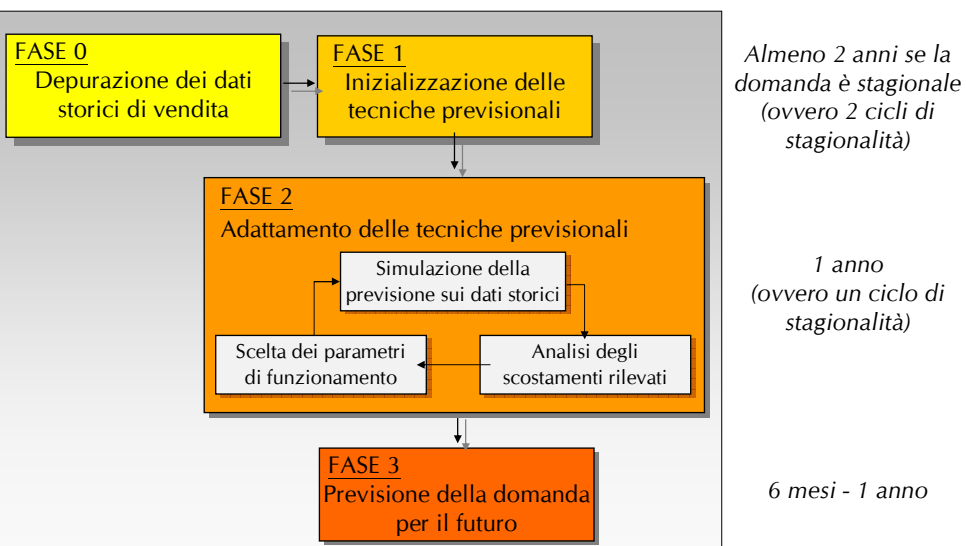
58

❖ INDICE

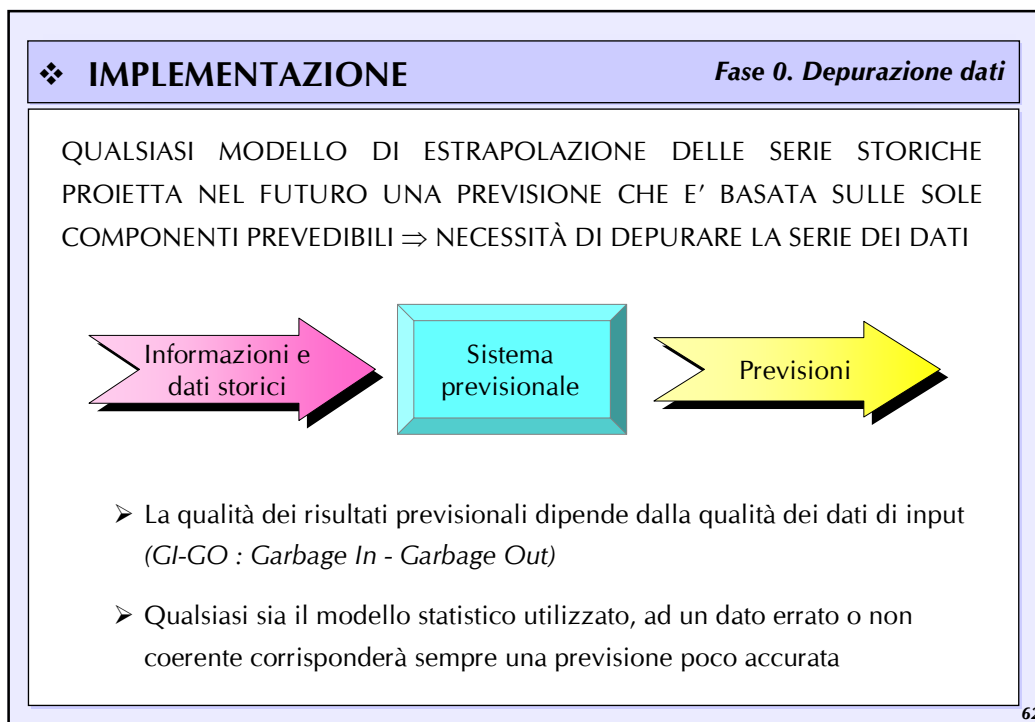
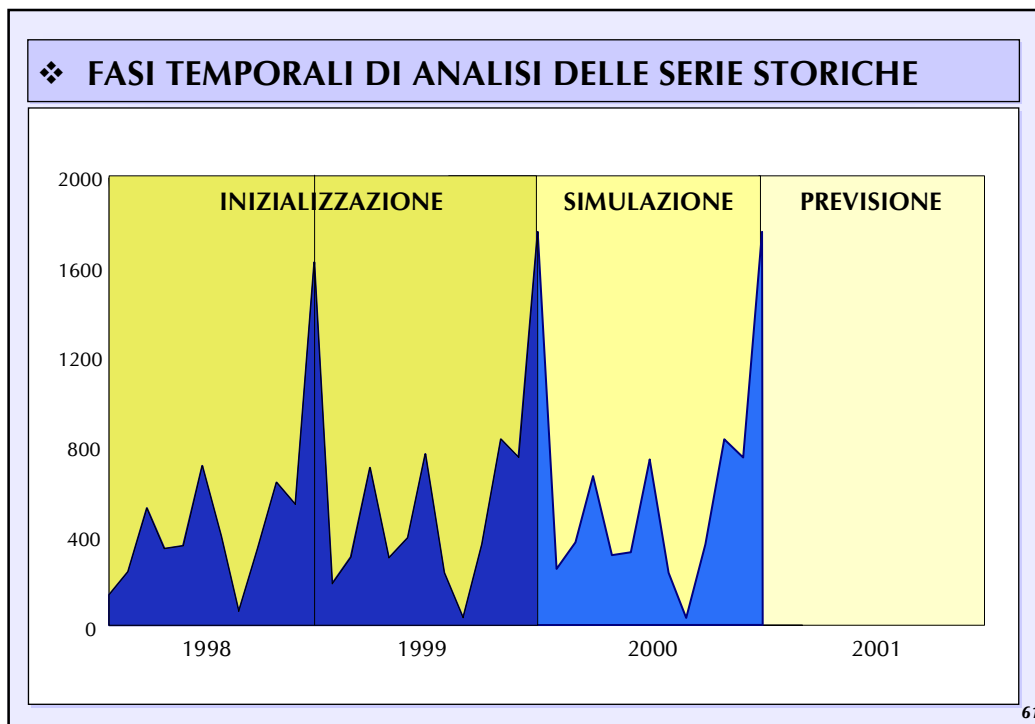
- ❑ il processo di pianificazione
- ❑ analisi delle serie storiche (trend e stagionalità)
- ❑ modelli basati sullo smorzamento esponenziale
- ❑ fasi del processo di implementazione
- ❑ monitoraggio delle previsioni (indicatori dell'errore)
- ❑ applicazioni numeriche

59

❖ SCHEMA GENERALE DI IMPLEMENTAZIONE



60



❖ IMPLEMENTAZIONE

Fase 1. Inizializzazione

E' NECESSARIO DEFINIRE I VALORI INIZIALI DELLE RELAZIONI RICORSIVE DEI MODELLI DI SMORZAMENTO ESPONENZIALE :

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

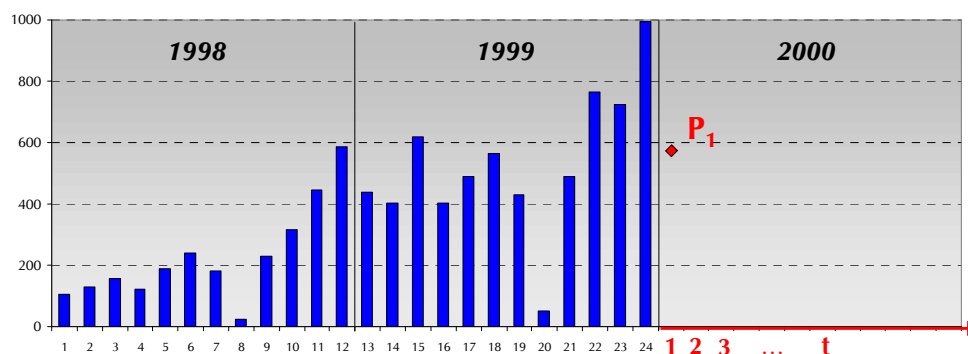
↑

63

❖ 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 2000)

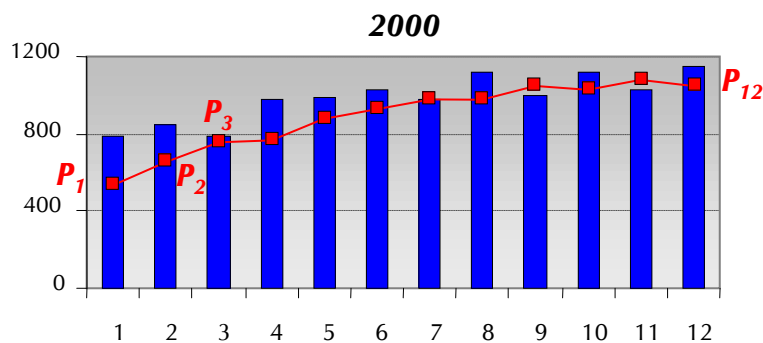


64

❖ IMPLEMENTAZIONE

Fase 2. Adattamento

DOPO AVER "SIMULATO" LE PREVISIONI PER TUTTO IL 2000 (12 VALORI DI PREVISIONE), SI POSSONO ANALIZZARE GLI SCOSTAMENTI TRA LA DOMANDA EFFETTIVAMENTE VERIFICATASI E LA RELATIVA PREVISIONE



65

❖ INDICE

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

66

❖ IL MONITORAGGIO DELLE PREVISIONI

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

LE POSSIBILE 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

67

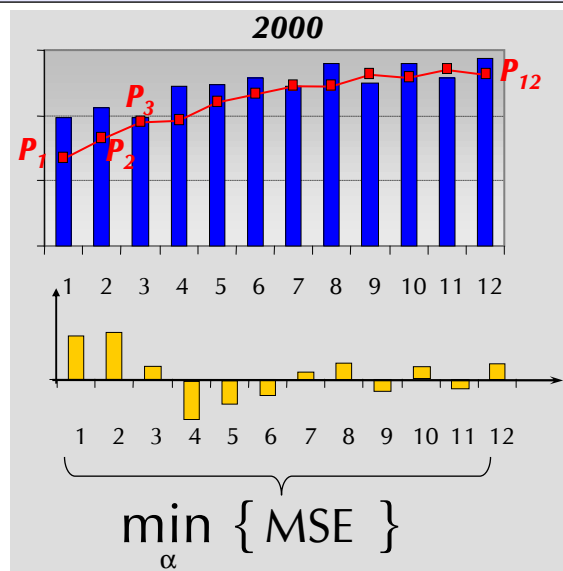
❖ IMPLEMENTAZIONE

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



$$E_t = D_t - P_t$$



68

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

LE CARATTERISTICHE DI UN BUON SISTEMA DI CONTROLLO DEGLI ERRORI PREVISIONALI DEVE BASARSI SUI SEGUENTI PRESUPPOSTI:

semplicità **sinteticità** **flessibilità**

INDICATORI STATISTICI DELL'ERRORE {

- DISTORSIONE : **ME**
- CONSISTENZA : **MAD, MAPE, MSE, SDE**

69

❖ **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 ⇔ DM < PM

ME > 0 ⇔ DM > PM

70

❖ **MONITORAGGIO DELLE PREVISIONI**

Indicatori dell'errore

MAD (Mean Absolute Deviation) : SCARTO MEDIO ASSOLUTO

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

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

71

❖ **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

72

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

MSE (Mean Square Error) : ERRORE QUADRATICO MEDIO

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

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

73

❖ **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

74

❖ IMPLEMENTAZIONE
Fase 2. Adattamento

STIMA DEI COEFFICIENTI OTTIMALI DI SMORZAMENTO

La scelta dei coefficienti di smorzamento α avviene minimizzando la serie degli scarti quadratici degli errori rilevati negli ultimi n periodi

$$\min \{ \text{MSE} \} \Rightarrow \min_{\alpha} \left\{ \frac{\sum_{t=1}^n (D_t - P_t)^2}{n} \right\}$$

Le previsioni dipendono dal coefficiente di smorzamento α

75

❖ IMPLEMENTAZIONE
Fase 2. Adattamento

NEL CASO CONSIDERATO SI PUÒ PROCEDERE IN QUESTO MODO:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	mese	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	$\alpha = 0,3$	
2	Domanda	785	850	786	978	988	1027	977	1120	1002	1123	1024	1150		
3	Previsione	530	658	754	770	874	931	979	978	1049	1025	1074	1049		
4	Errore	255	192	32	208	114	96	-2	142	-47	98	-50	101	95	ME
5	Errore ²	65025	36864	1024	43264	12996	9216	4	20164	2209	9604	2500	10201	17756	MSE

In EXCEL : " = C2 - C3 "

In EXCEL : " = G4^2 "

In EXCEL : " = MEDIA (B5 : M5)"

76

❖ IMPLEMENTAZIONE **Fase 2. Adattamento**

In EXCEL lanciare l'applicazione "RISOLUTORE" dal menù "STRUMENTI"

Parametri del Risolutore

Imposta cella: Risolvi

Uguale a: Max Min Valore di: Chiudi

Cambiando le celle: Ipotizza

Vincoli: Aggiungi

Cambia

Reimposta

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	mese	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	$\alpha = 0,3$	
2	Domanda	785	850	786	978	988	1027	977	1120	1002	1123	1024	1150		
3	Previsione	530	658	754	770	874	931	979	978	1049	1025	1074	1049		
4	Errore	255	192	32	208	114	96	-2	142	-17	98	-50	101	95	ME
5	Errore ²	65025	36864	1024	43264	12996	9216	4	20164	2209	9604	2500	10201	17756	MSE

77

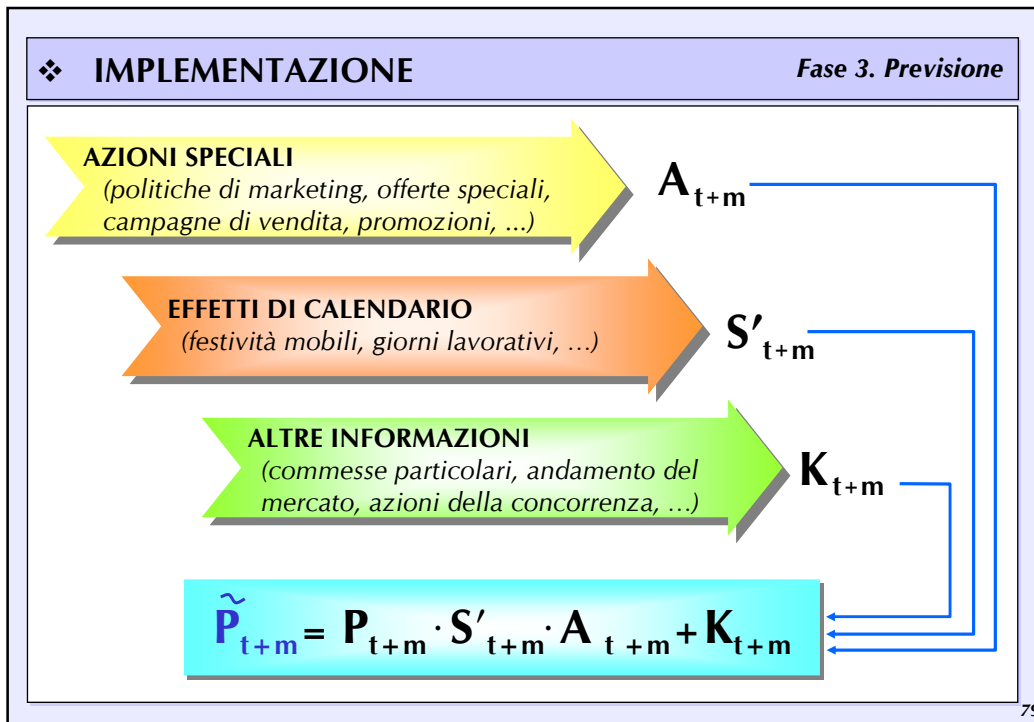
❖ IMPLEMENTAZIONE **Fase 3. Previsione**

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

2000 **2001**

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

78



BIBLIOGRAFIA

- Casi applicativi di logistica
Ed. CUSL, 1999
www.cusl.it
- Rinnovare la Supply Chain
Ed. IlSole24Ore, 2003
www.ilssole24ore.com

80