

CORSO DI "Gestione della Produzione Industriale"



**ANALISI DELLA DOMANDA E
PROCESSO PREVISIONALE**

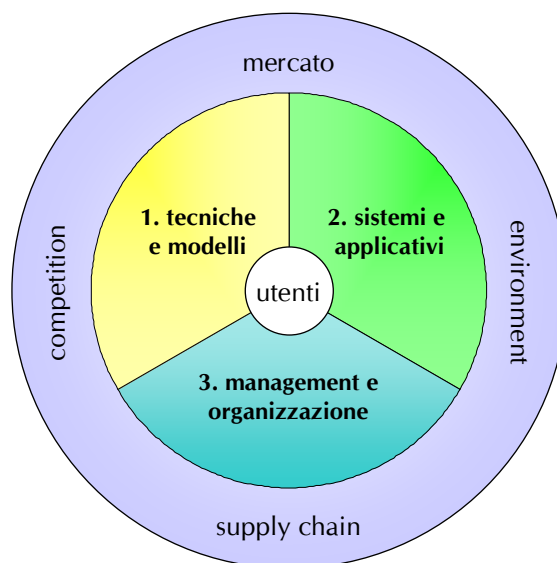
Prof. Fabrizio Dallari

Direttore C-log
Università C. Cattaneo LIUC



La previsione della domanda

IL PROCESSO PREVISIONALE



La previsione della domanda



● INDICE

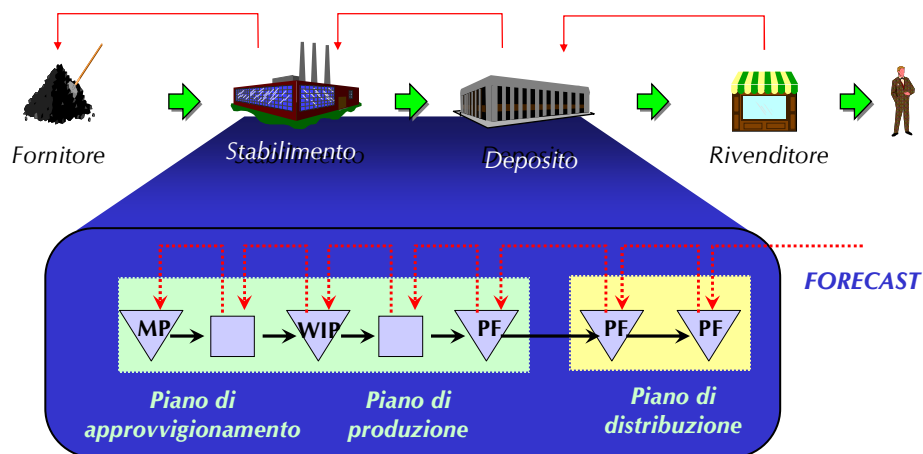
- ❑ il processo di pianificazione
- ❑ analisi delle serie storiche (trend e stagionalità)
- ❑ modelli basati sullo smorzamento esponenziale
- ❑ fasi del processo di implementazione
- ❑ monitoraggio delle previsioni (indicatori dell'errore)
- ❑ applicazioni numeriche

La previsione della domanda



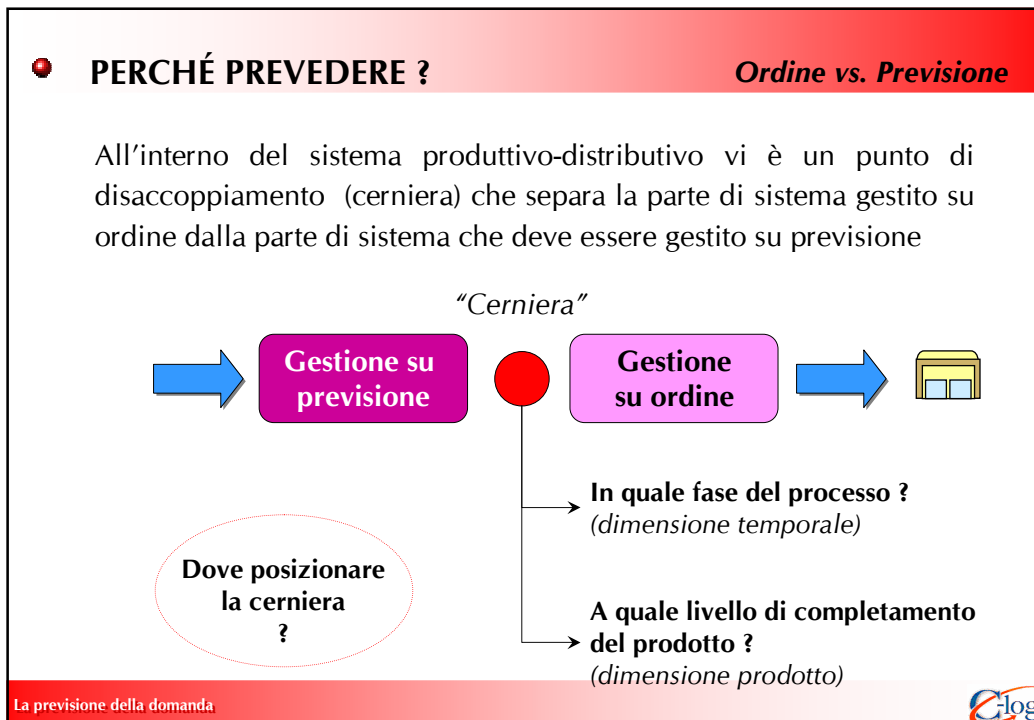
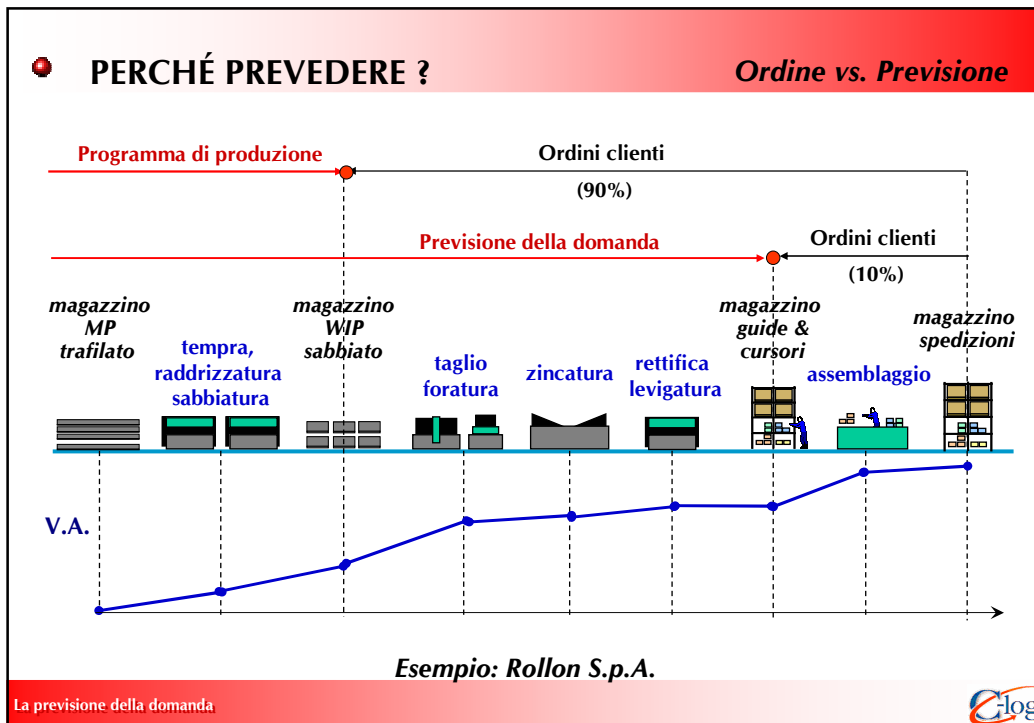
● IL PROCESSO DI PIANIFICAZIONE INTEGRATA

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

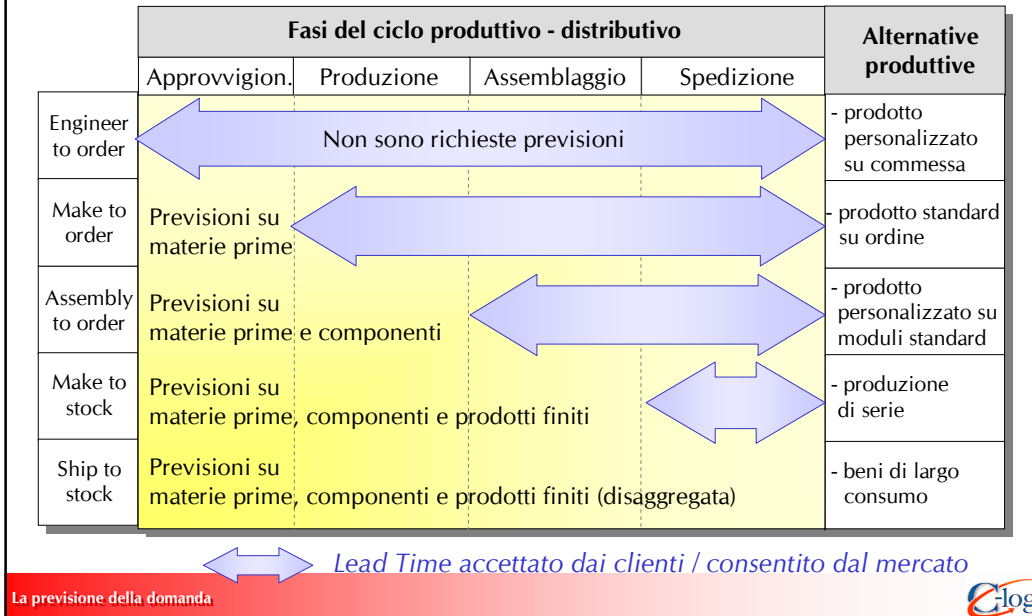


La previsione della domanda





PERCHÉ PREVEDERE ?



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 (< 12 MESI)**
DECISIONI OPERATIVE
(previsioni disaggregate su base settimanale e mensile)





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

La previsione della domanda



● 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)

La previsione della domanda



● 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*)

La previsione della domanda



● 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

La previsione della domanda



● 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

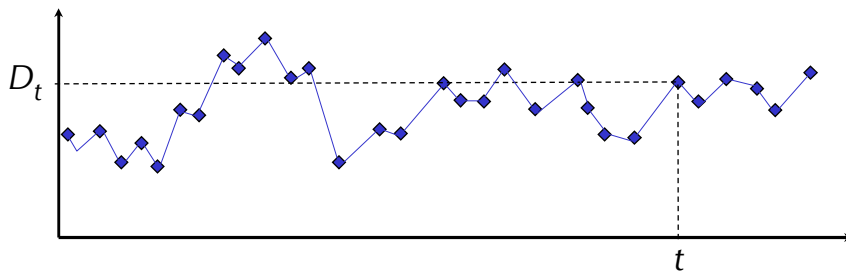
La previsione della domanda



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, ...*)

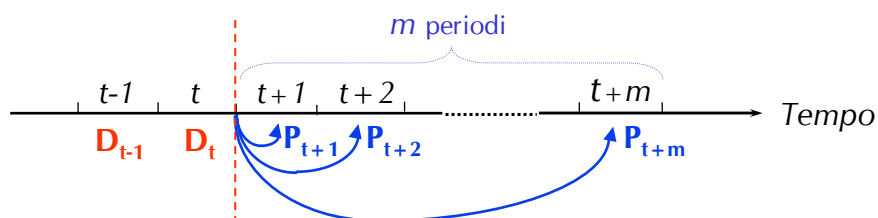


La previsione della domanda



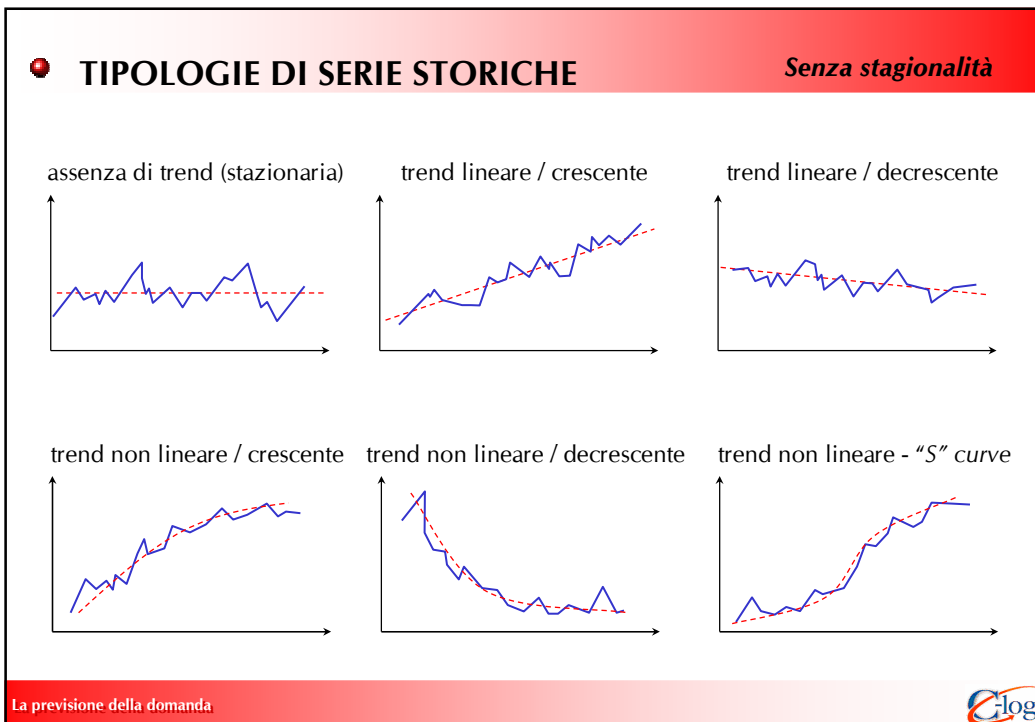
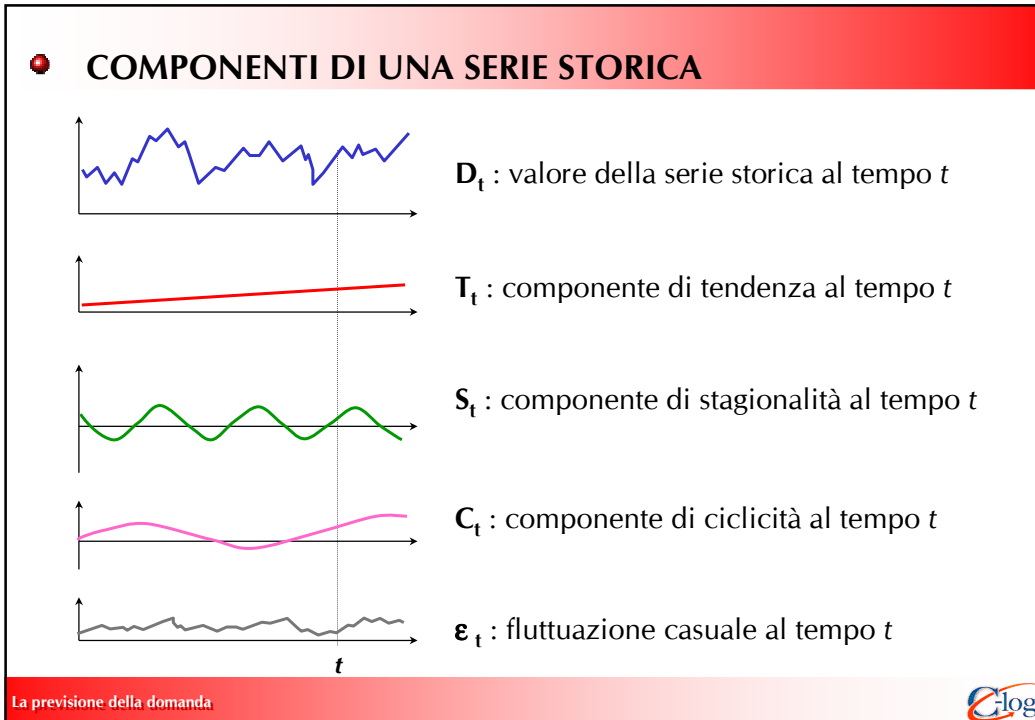
SIMBOLOGIA ADOTTATA

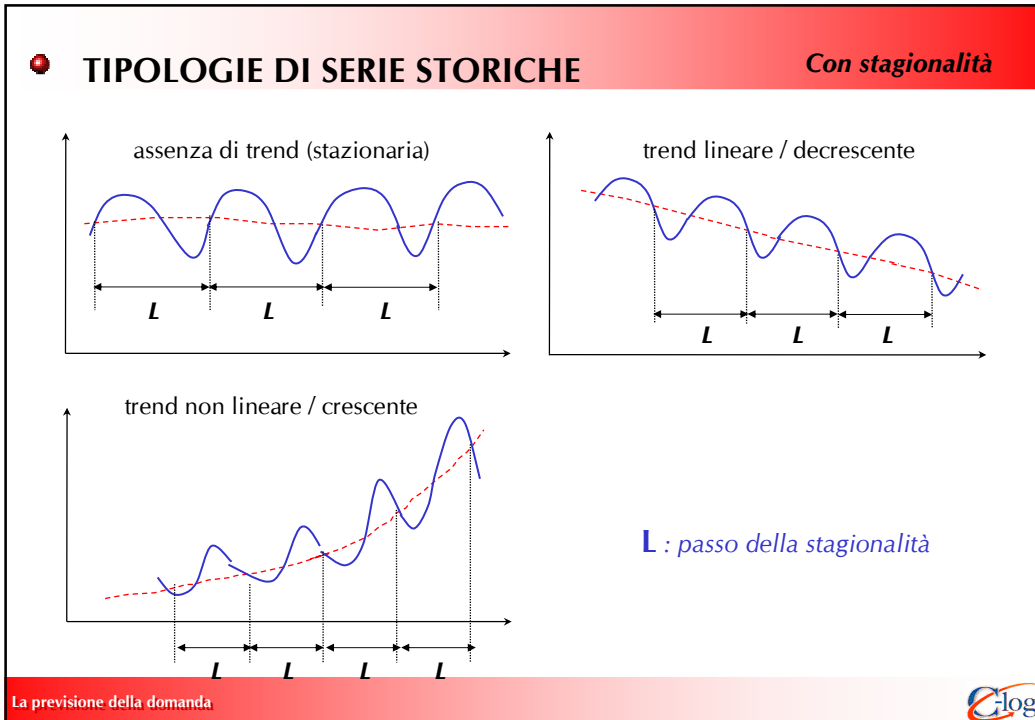
- DOMANDA EFFETTIVA relativa al periodo t : D_t
- PREVISIONE fatta alla fine del periodo t per il periodo $t+m$: P_{t+m}
- ORIZZONTE PREVISIONALE : m



La previsione della domanda







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**

La previsione della domanda

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

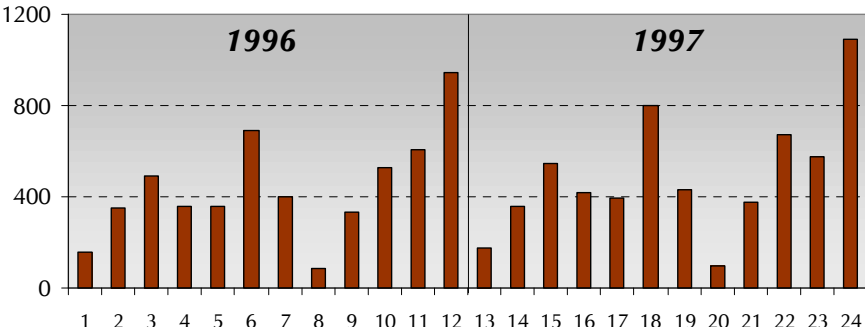
- GIORNI LAVORATIVI EFFETTIVI
- CALENDARIO (es. Americano : 4-4-5)
- FESTIVITÀ MOBILI (es. Pasqua)


La previsione della domanda 

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



La previsione della domanda 

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

La previsione della domanda



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

La previsione della domanda

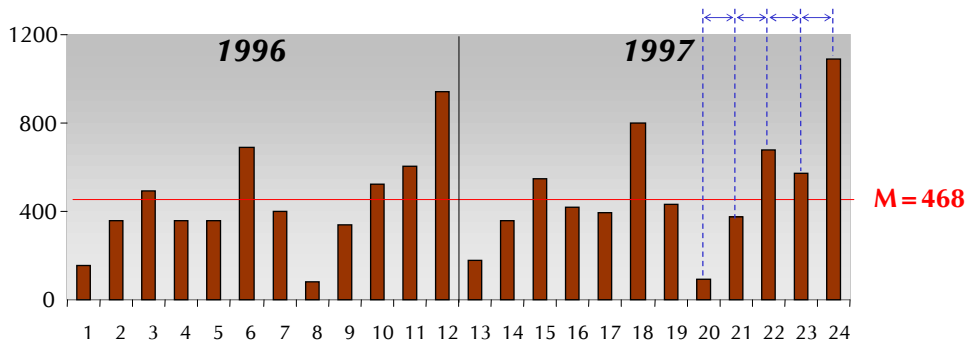


ANALISI DELLE SERIE STORICHE

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 : $k = 1$

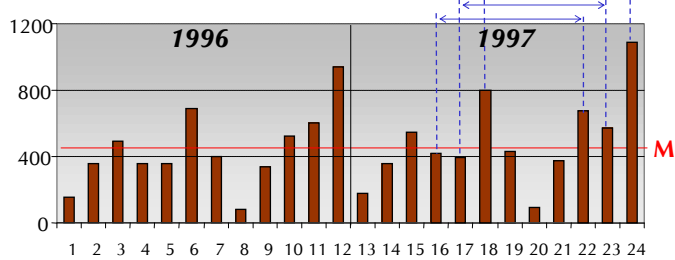


La previsione della domanda

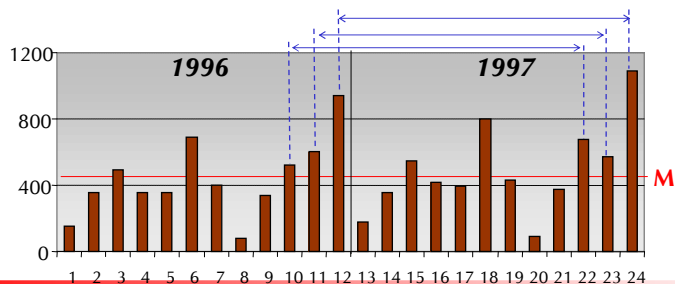


ANALISI DELLE SERIE STORICHE

Componente di stagionalità



Esempio : $k = 6$



Esempio : $k = 12$

La previsione della domanda



ANALISI DELLE SERIE STORICHE *Componente di stagionalità*

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

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

es. k = 6

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

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

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

La previsione della domanda

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]) "

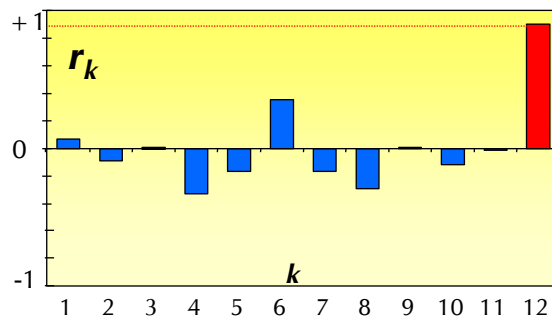
La previsione della domanda

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 ($L = 12$)

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

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

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

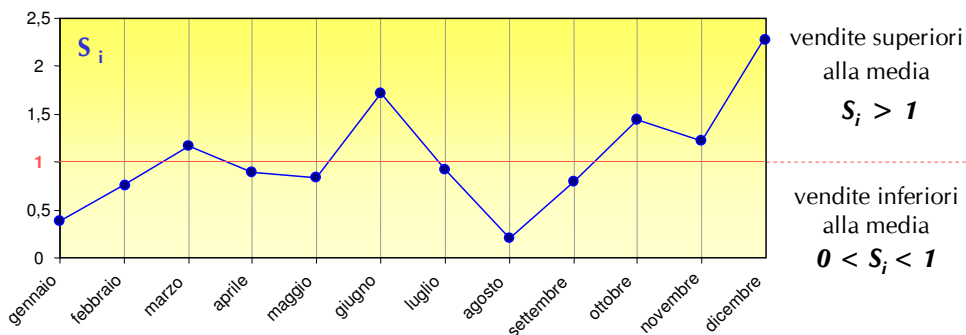
Significa che nel mese di Novembre le vendite sono mediamente del 25,8% superiori rispetto al valor medio delle vendite nell'anno

La previsione della domanda



ANALISI DELLE SERIE STORICHE *Componente di stagionalità*

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



La previsione della domanda

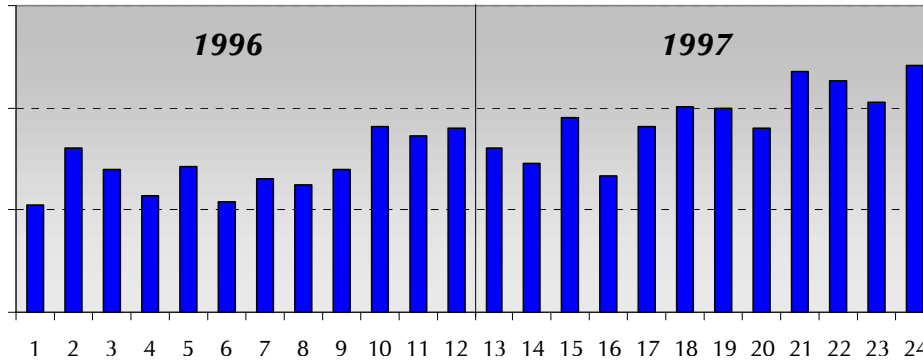


ANALISI DELLE SERIE STORICHE

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
1996	105	160	139	114	143	108	130	125	140	181	172	180
1997	161	146	190	134	182	201	200	180	235	226	206	242



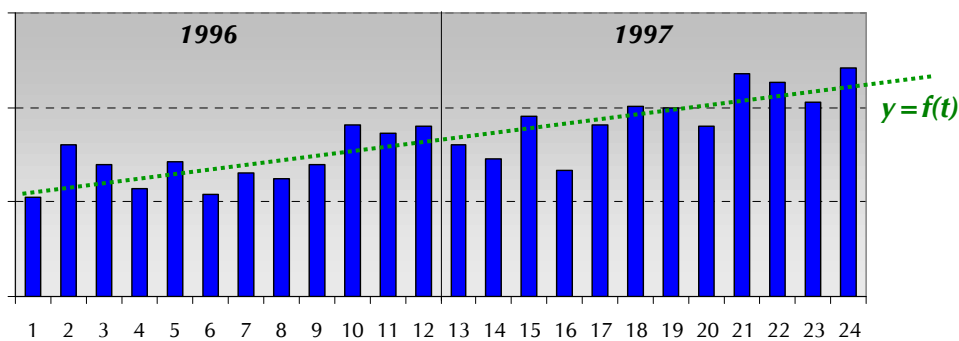
La previsione della domanda



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

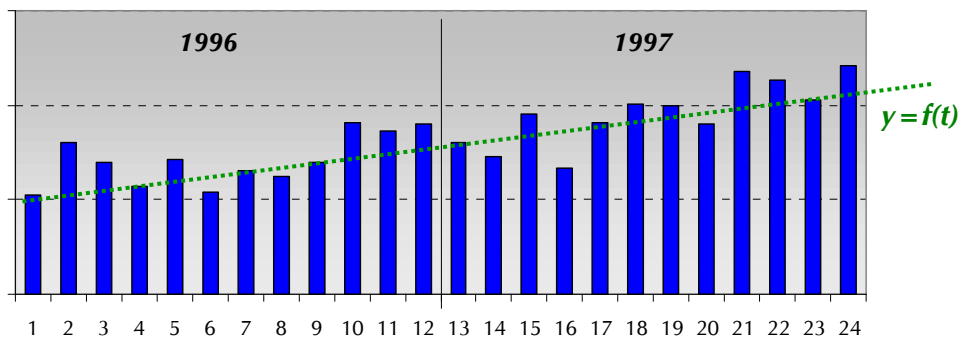
La previsione della domanda



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

La previsione della domanda



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) "

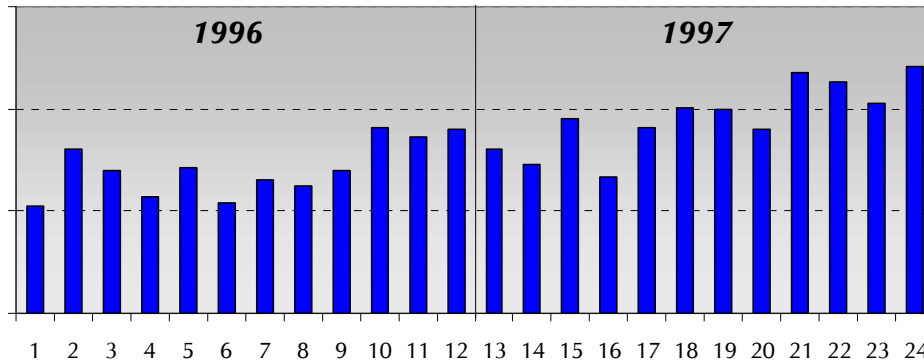
La previsione della domanda



ANALISI DELLE SERIE STORICHE

Componente di trend

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



La previsione della domanda

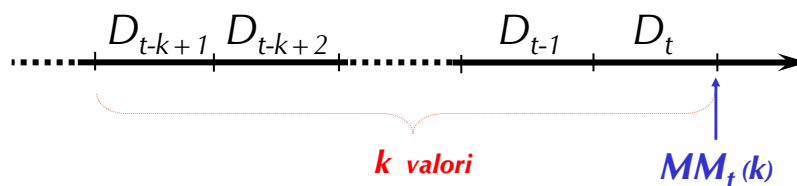


ANALISI DELLE SERIE STORICHE

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":

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



La previsione della domanda

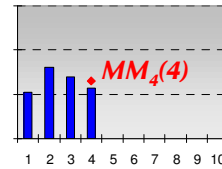


ANALISI DELLE SERIE STORICHE

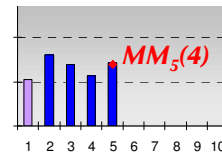
Media mobile

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

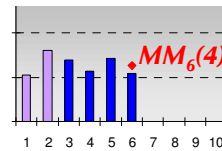
per il mese $t=4$: $MM_4(4) = \frac{D_4 + D_3 + D_2 + D_1}{4}$



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



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



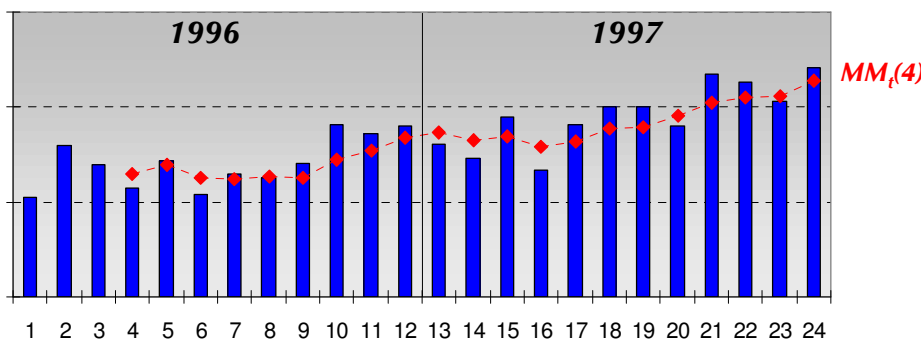
La previsione della domanda



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

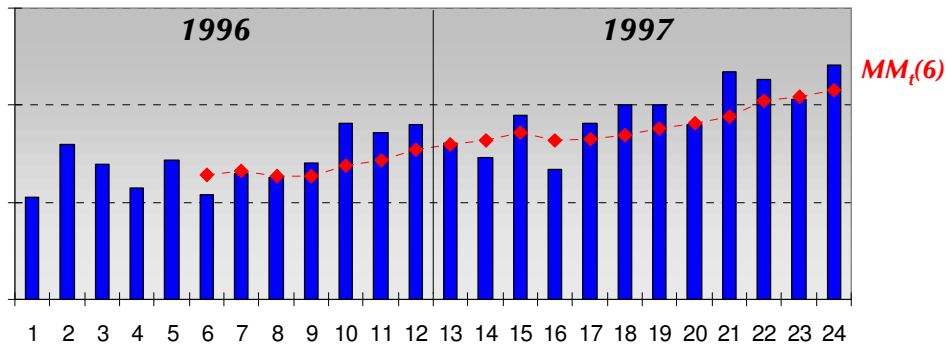
La previsione della domanda



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

La previsione della domanda



ANALISI DELLE SERIE STORICHE

Media mobile

NUMERICAMENTE SI OTTIENE :

mes	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
mes	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

La previsione della domanda



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	-	-

La previsione della domanda



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	-	-	-

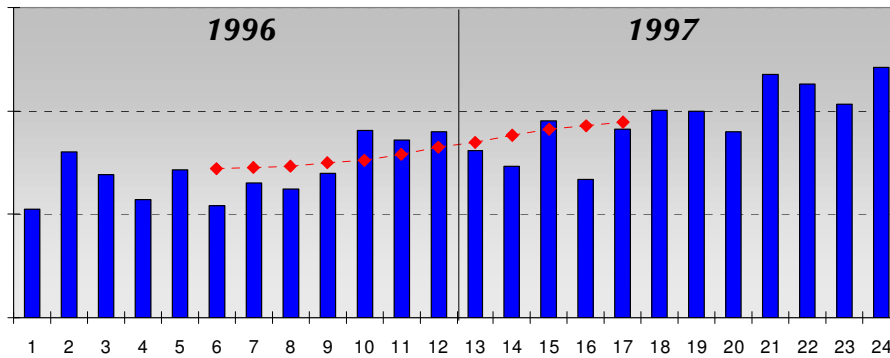
La previsione della domanda



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"

La previsione della domanda



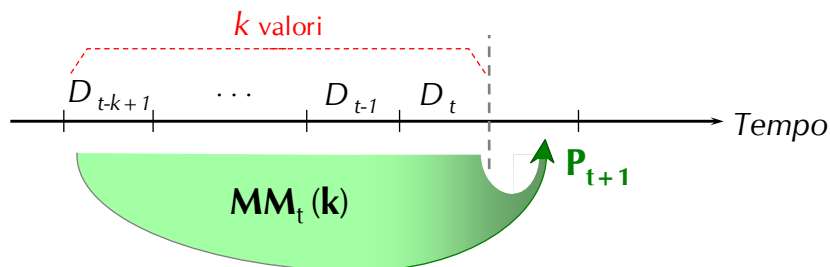
MEDIA MOBILE

Modello previsionale

MEDIA MOBILE SEMPLICE

La media mobile può essere anche utilizzata per formulare previsioni nel caso di domanda stazionaria e non stagionale

$$P_{t+1} = MM_t(k)$$



La previsione della domanda



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

	128,2	132,3	126,5	5,5	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

La previsione della domanda



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

La previsione della domanda



● 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

La previsione della domanda



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

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



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

La previsione della domanda



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

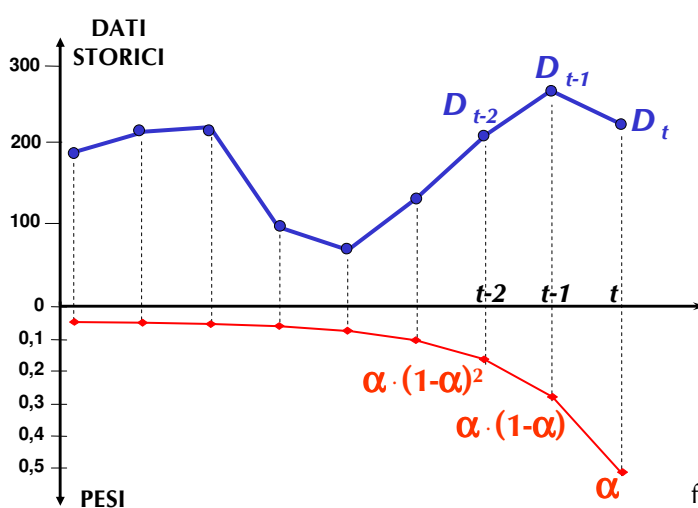
➤ Il valore di α condiziona la reattività del modello previsionale

La previsione della domanda



SMORZAMENTO ESPONENZIALE

Coefficiente di smorzamento

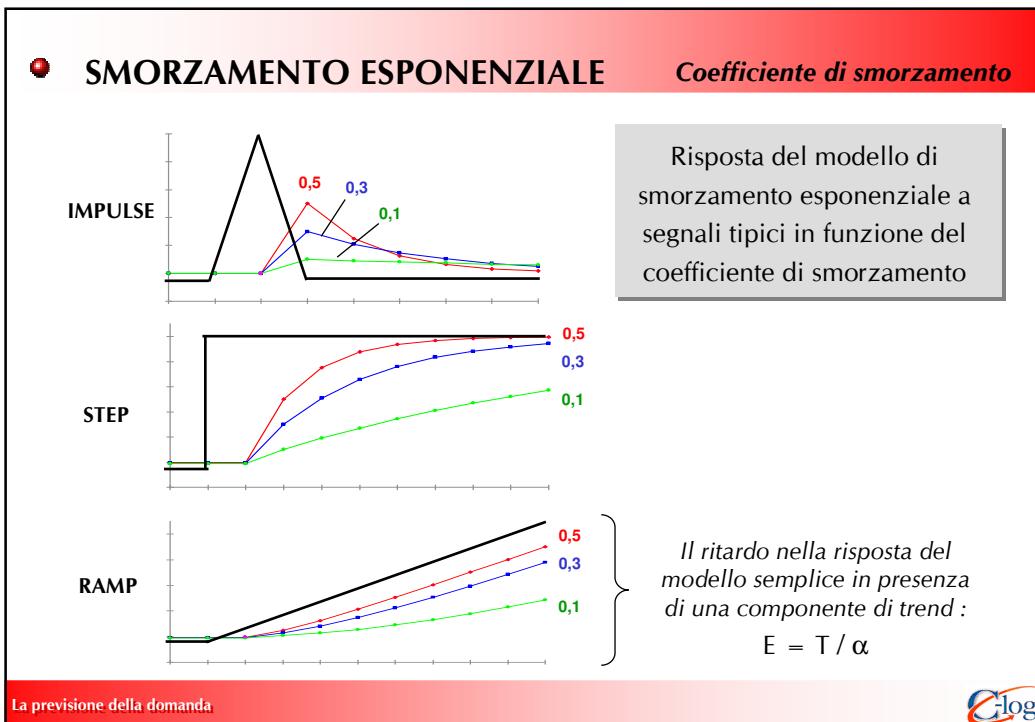
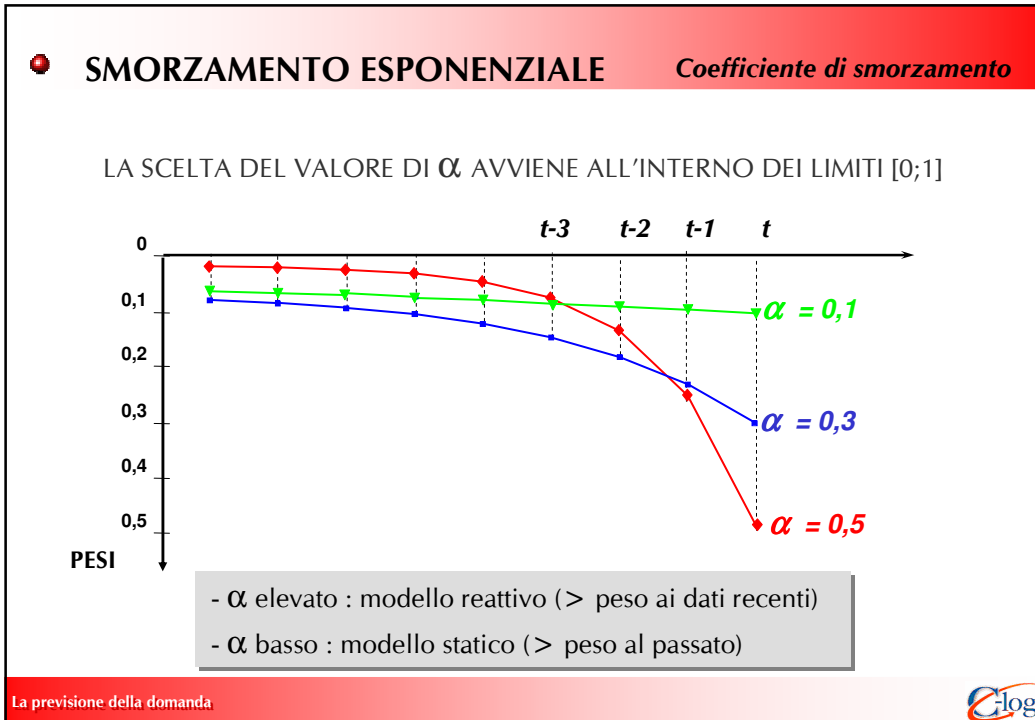


Esempio: $\alpha=0,5$

Ad ogni elemento della serie è attribuito un peso diverso in funzione dell'anzianità

La previsione della domanda





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

La previsione della domanda



● 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 :
 $\alpha=0,3$ E $\alpha=0,5$

ADOTTARE COME VALORE INIZIALE DELLA PREVISIONE :

$$P_{iniziale} = 140$$

La previsione della domanda



● 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:

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

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

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

La previsione della domanda



● 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:

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

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

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

La previsione della domanda



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

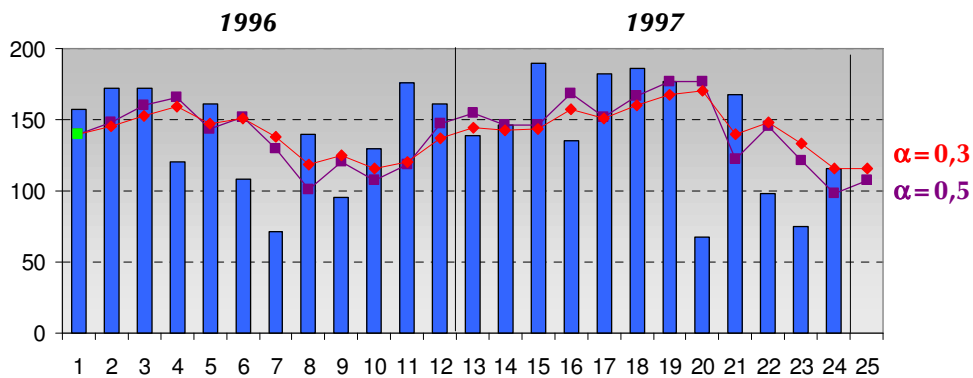
La previsione della domanda



SMORZAMENTO ESPONENZIALE

Modello di Brown

PROCEDENDO IN QUESTO MODO E' POSSIBILE RICAIVARE LE PREVISIONI PER TUTTI I 2 ANNI A DISPOSIZIONE E PER IL GENNAIO 1998



La previsione della domanda



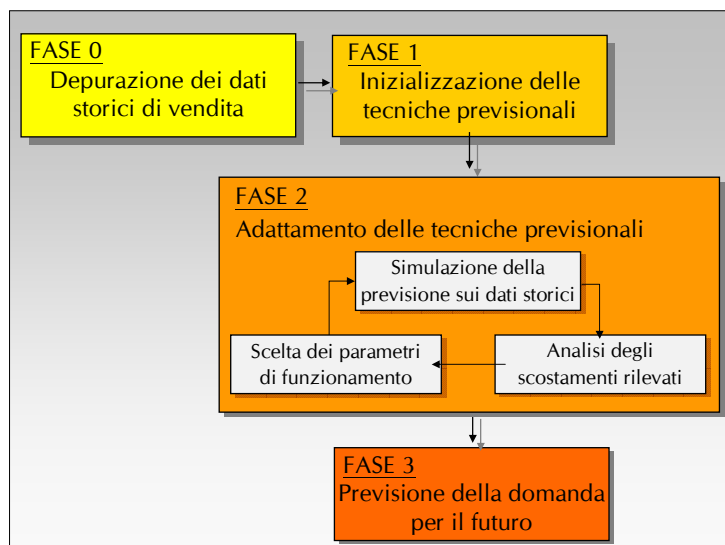
● INDICE

- ❑ 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

La previsione della domanda



● SCHEMA GENERALE DI IMPLEMENTAZIONE



Almeno 2 anni se la domanda è stagionale (ovvero 2 cicli di stagionalità)

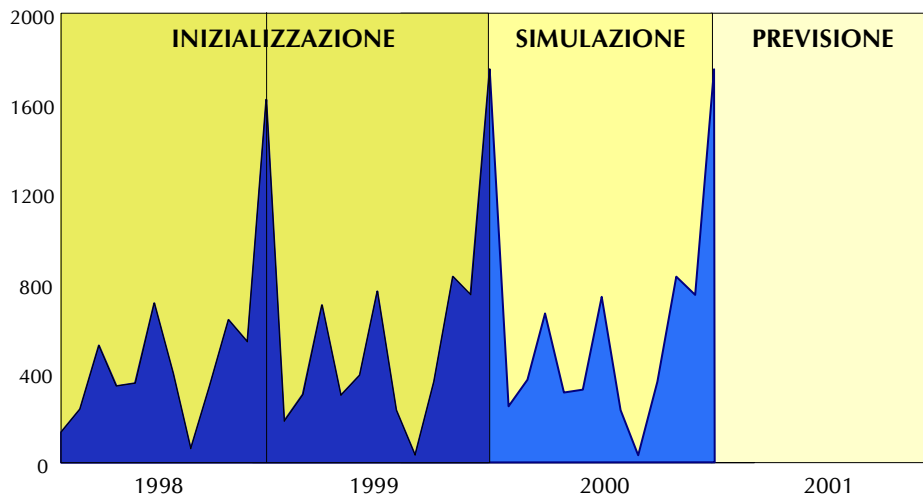
1 anno (ovvero un ciclo di stagionalità)

6 mesi - 1 anno

La previsione della domanda



FASI TEMPORALI DI ANALISI DELLE SERIE STORICHE



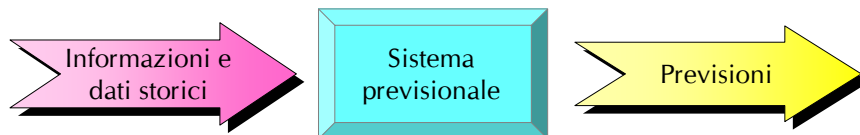
La previsione della domanda



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

La previsione della domanda



IMPLEMENTAZIONE

Fase 1. Inizializzazione

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

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

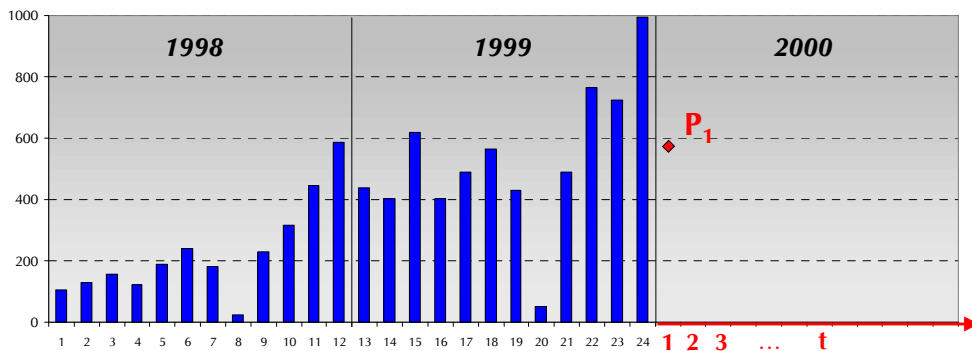
La previsione della domanda



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)



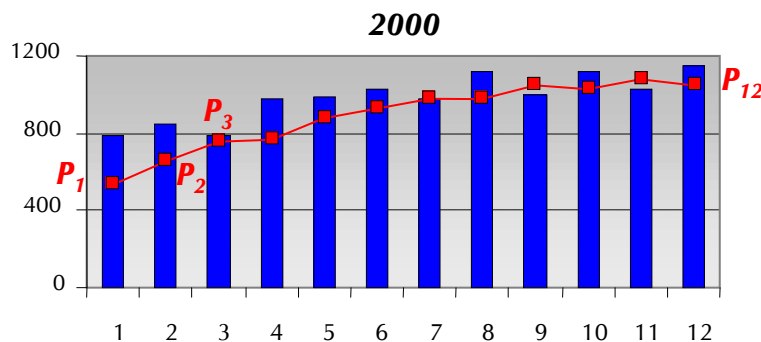
La previsione della domanda



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



La previsione della domanda



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

La previsione della domanda



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

La previsione della domanda



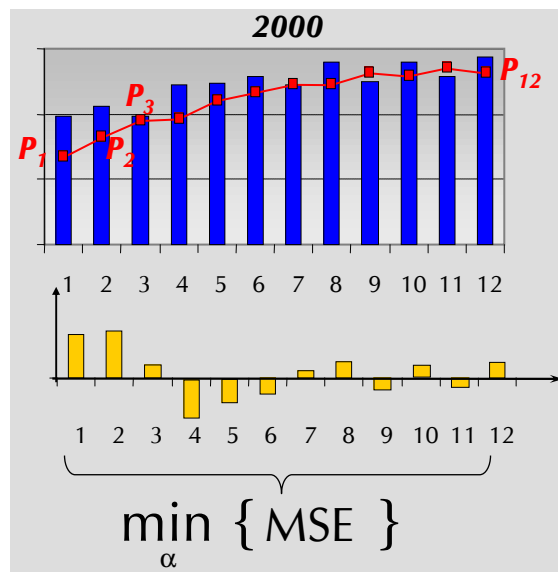
IMPLEMENTAZIONE

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



$$E_t = D_t - P_t$$



La previsione della domanda



MONITORAGGIO DELLE PREVISIONI *Indicatori dell'errore*

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



INDICATORI STATISTICI DELL'ERRORE

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

MONITORAGGIO DELLE PREVISIONI *Indicatori dell'errore*

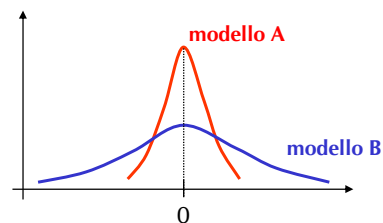
ME (Mean Error) : ERRORE MEDIO

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

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

ME < 0 ⇔ DM < PM

ME > 0 ⇔ DM > PM



● **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

La previsione della domanda



● **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

La previsione della domanda



● **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)

La previsione della domanda



● **MONITORAGGIO DELLE PREVISIONI**

Indicatori dell'errore

SDE (Standard Deviation of Errors) : DEVIAZIONE STD ERRORI

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

- 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

La previsione della domanda



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

La previsione della domanda



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)"

La previsione della domanda



IMPLEMENTAZIONE

Fase 2. Adattamento

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

	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

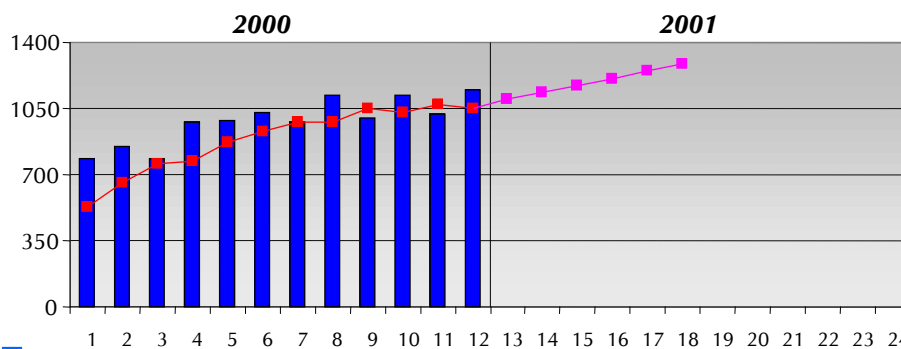
La previsione della domanda



IMPLEMENTAZIONE

Fase 3. Previsione

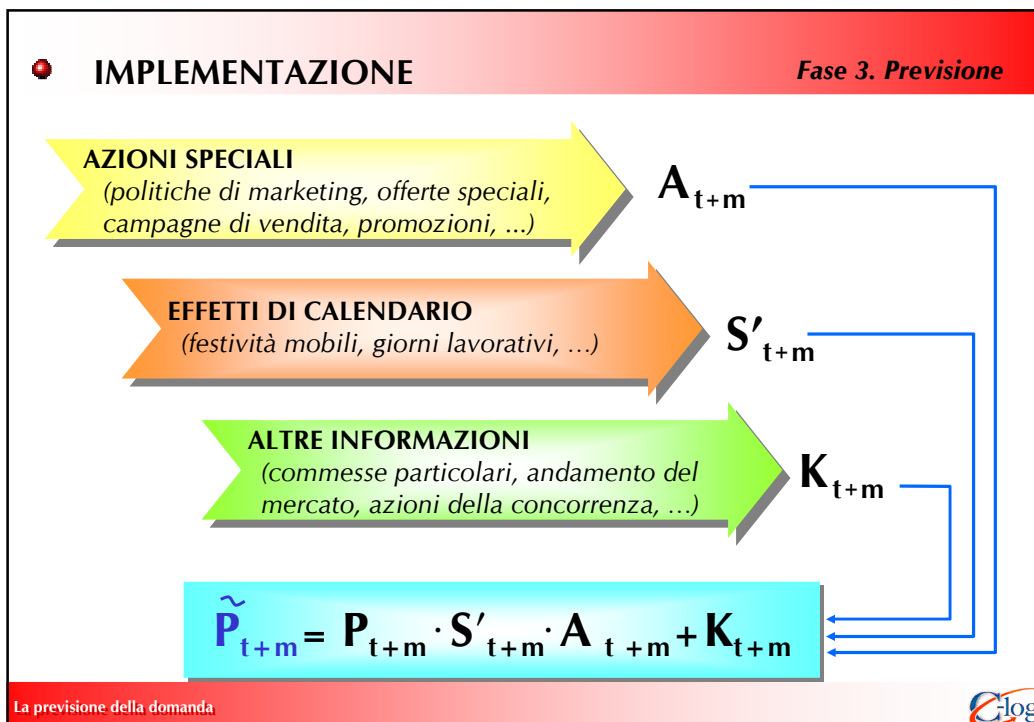
INFINE, SULLA BASE DEI RISULTATI DELLA SIMULAZIONE CONDOTTA NELLA FASE PRECEDENTE, E' POSSIBILE PROIETTARE NEL FUTURO LE PREVISIONI



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

La previsione della domanda





BIBLIOGRAFIA

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

La previsione della domanda