

❖ CORSO DI “Gestione della Produzione Industriale 2”



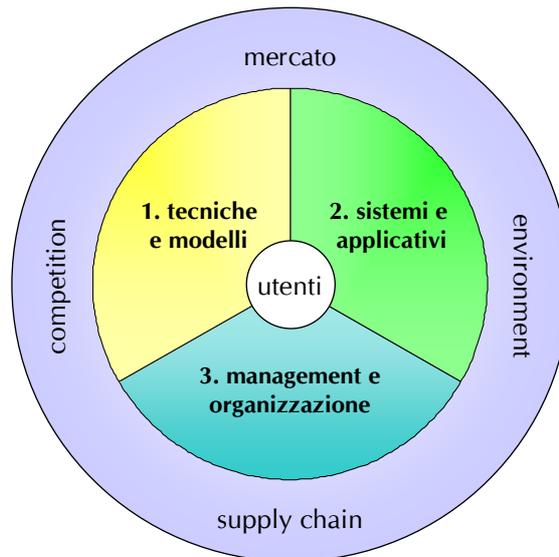
**STRATEGIE E TECNICHE DI DEMAND
PLANNING AND SALES FORECASTING**

Prof. Fabrizio Dallari

Università Carlo Cattaneo
Centro di Ricerca sulla Logistica
e-mail: fdallari@liuc.it

1

❖ IL PROCESSO PREVISIONALE



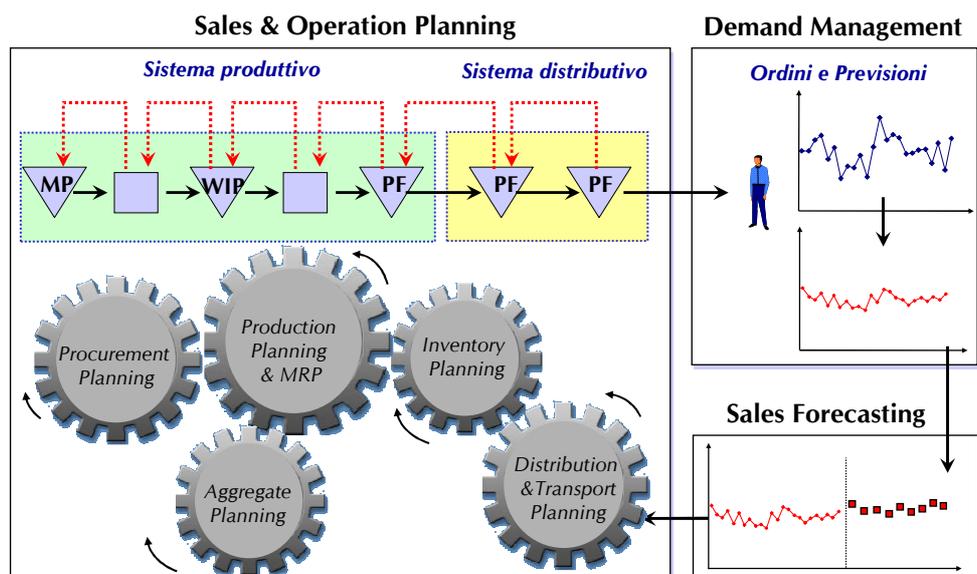
2

❖ 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 ?

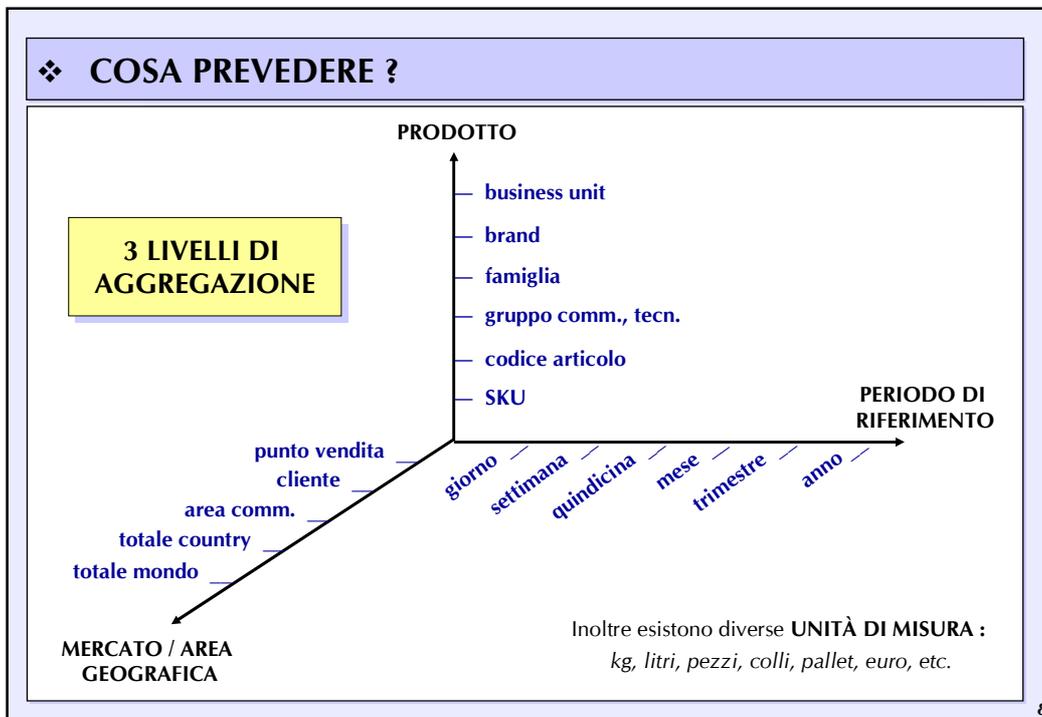
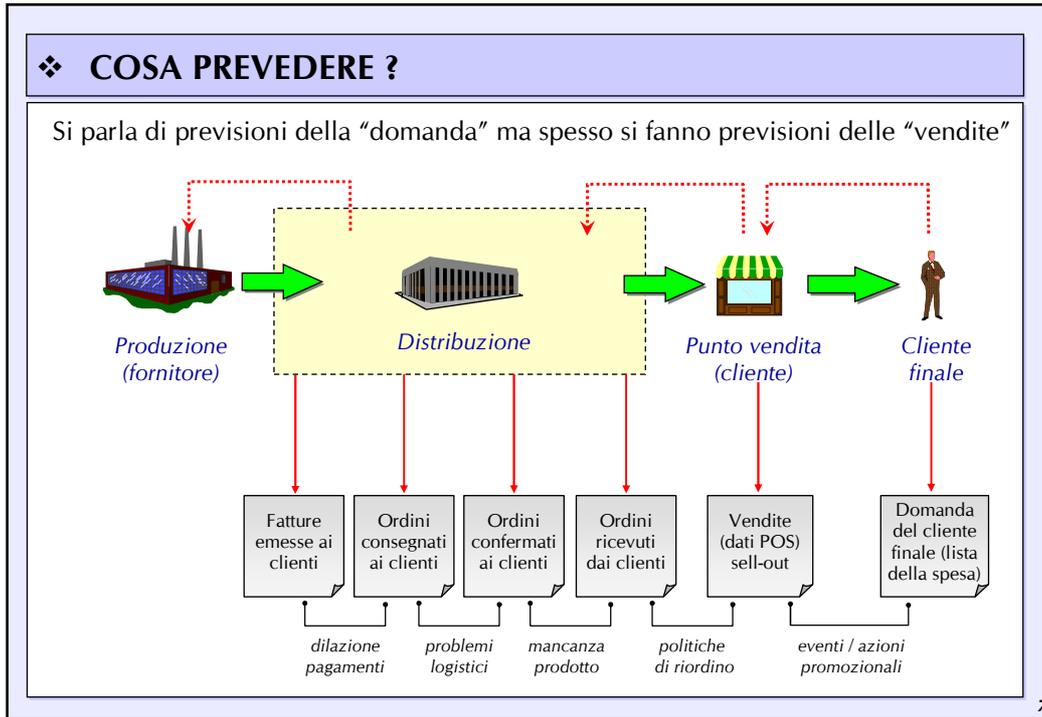
5

❖ 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



❖ QUANDO PREVEDERE ?

ORIZZONTE TEMPORALE DI PREVISIONE

❖ LUNGO TERMINE (> 2 ÷ 3 ANNI) <i>DECISIONI STRATEGICHE</i> (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) <i>DECISIONI TATTICHE</i> (budget annuale; previsioni aggregate)	vendite totali e per linee di prodotto, prezzi per linee di prodotto, condizioni generali economiche...
❖ BREVE TERMINE (0 ÷ 6 MESI) <i>DECISIONI OPERATIVE</i> (previsioni disaggregate su base settimanale e mensile)	vendite per codice prodotto, per area geografica, per cliente, prezzi e volumi ...

9

❖ 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			

10

❖ 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)

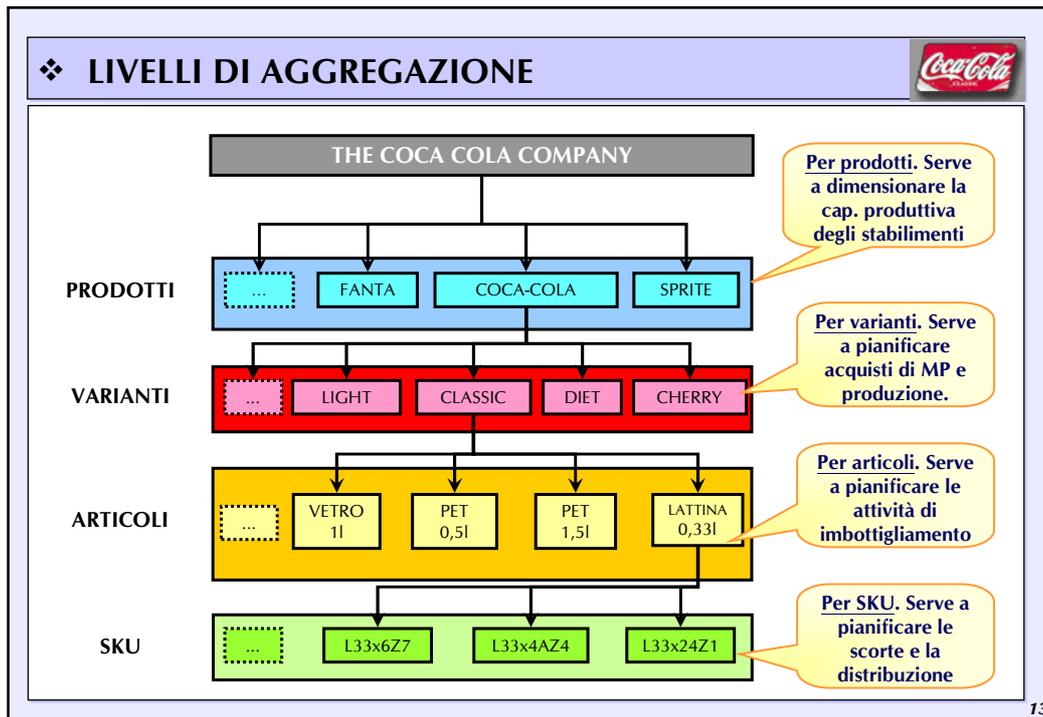
11

❖ CHI DEVE PREVEDERE CHE COSA ?

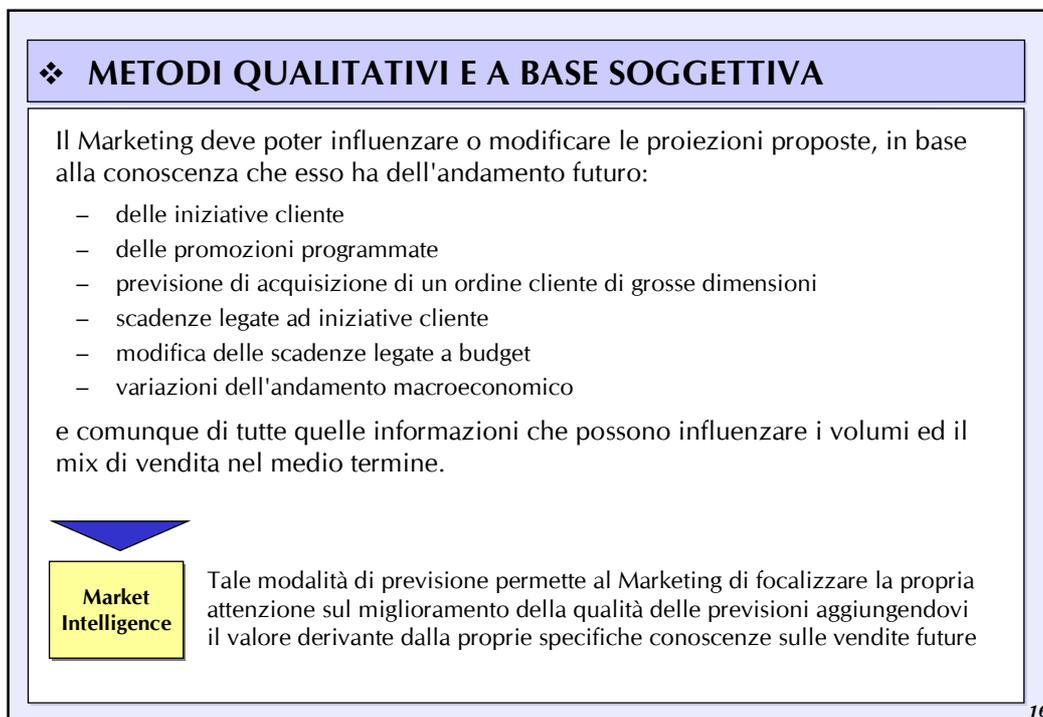
Le principali funzioni aziendali effettuano previsioni con differenti obiettivi, livelli di aggregazione, unità di misura, periodi di riferimento e orizzonti previsionali

	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

12



- ❖ 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
- 14

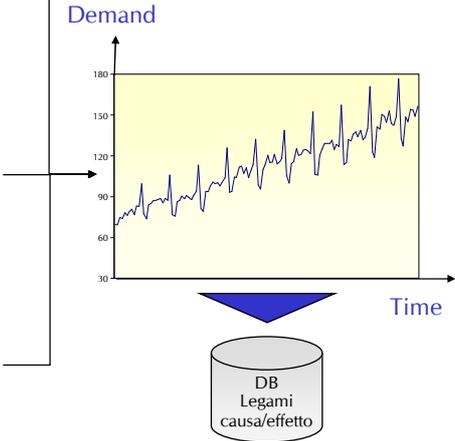


❖ METODI CAUSALI BASATI SU CORRELAZIONE

FATTORI CHE INFLUENZANO LA DOMANDA

 Company	Sales data Price, Promotion Service Level Quality Budget
 Marketplace	Consumer perception Demographics Competition Innovation Random Factors
 Environment	Regulation Economy Business Cycle Weather conditions

I metodi causali aiutano a capire quali sono i fattori rilevanti e quale è la relazione con le vendite



17

❖ TECNICHE QUANTITATIVE BASATE SU SERIE STORICHE

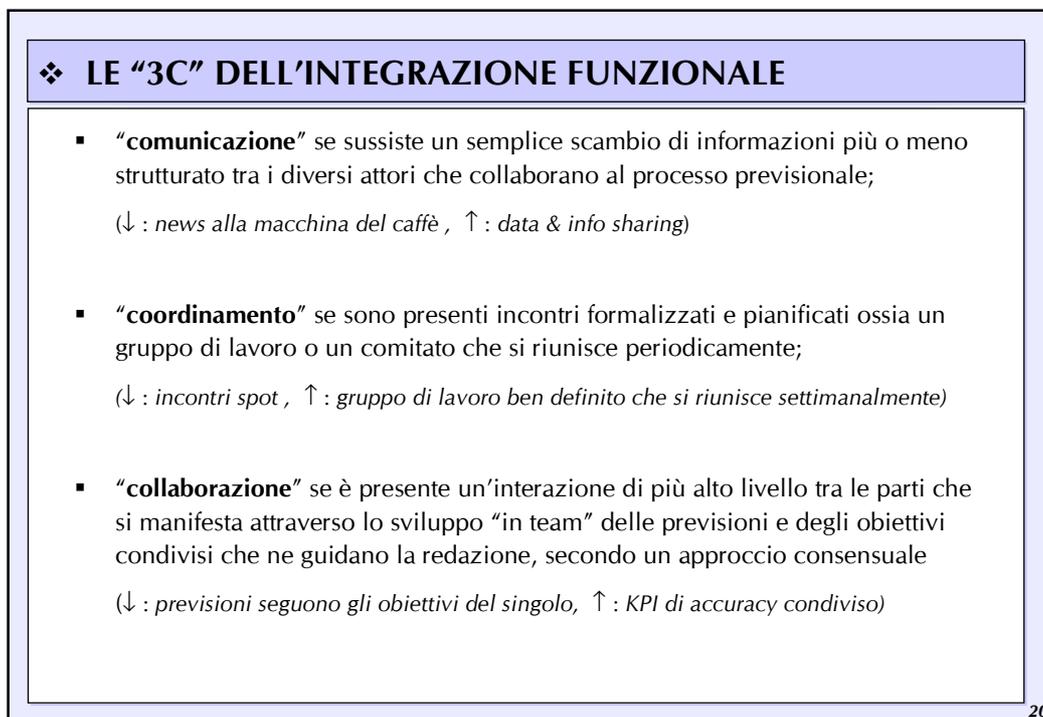
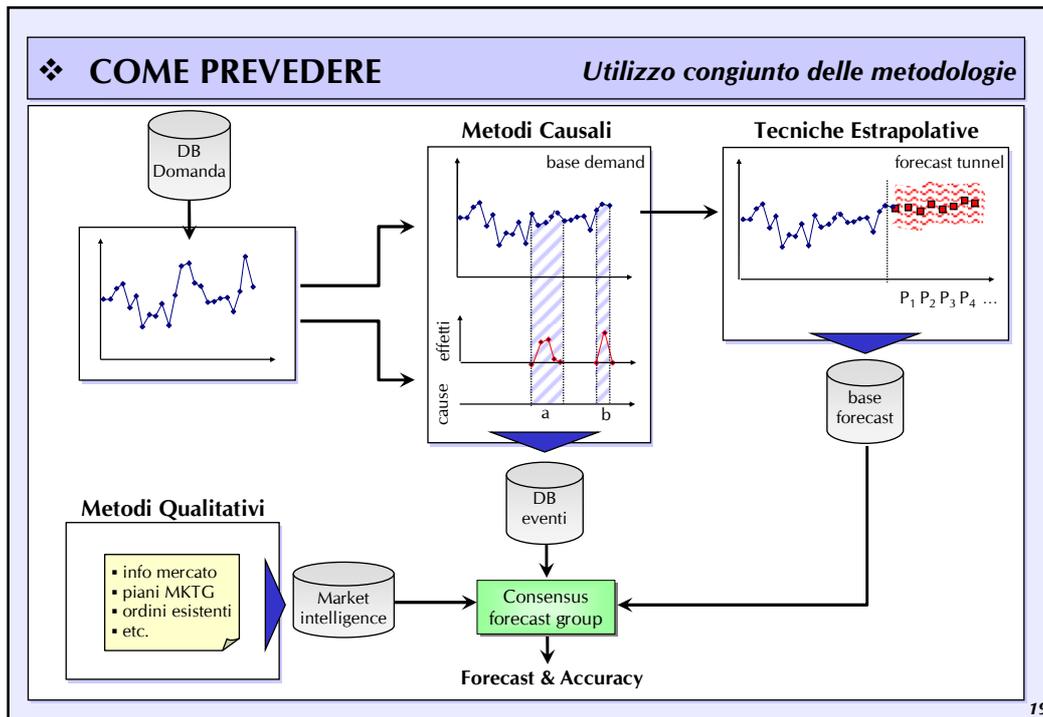
- **AMBITO** : pianificazione integrata (gestione delle scorte, pianificazione della distribuzione, programmazione della produzione, etc.)
- **LIVELLO DI DETTAGLIO** : codice articolo, SKU, famiglia merceologica
- **ORIZZONTE PREVISIONALE** : breve-brevissimo periodo (1-6 mesi)
- **DATI STORICI** : - 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

18



❖ 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)

21

❖ 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 "negoziazione" 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

22

❖ 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	

23

RICERCA DEMAND PLANNING AILOG

AILOG
 associazione italiana di logistica
 e di supply chain management

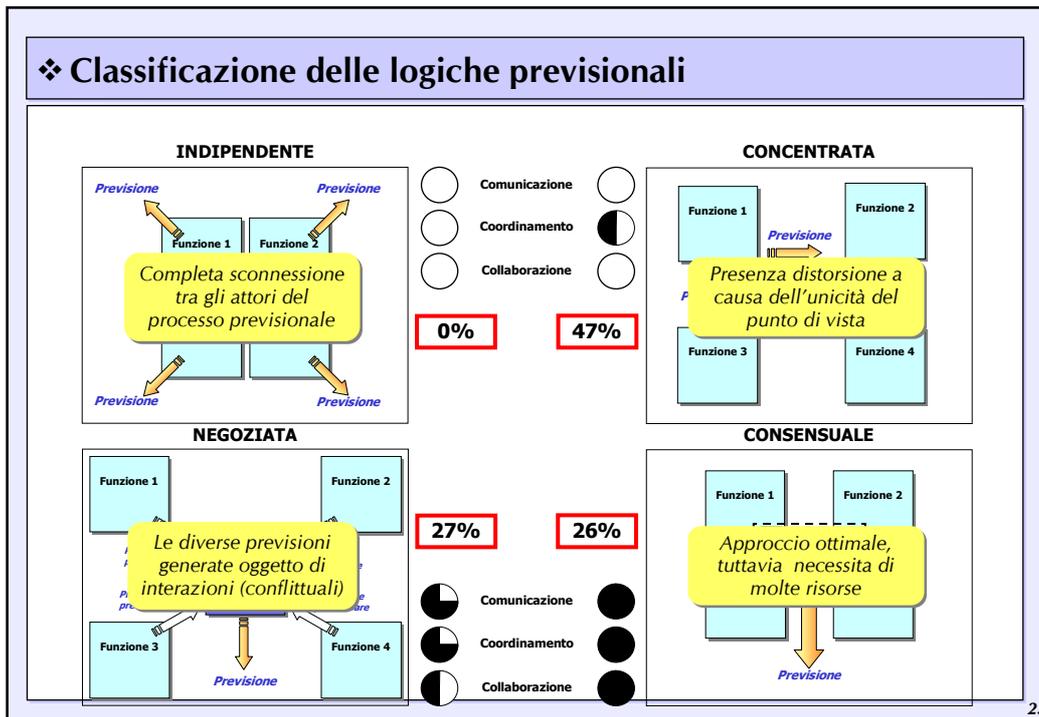
IL PROCESSO DI PIANIFICAZIONE DELLA DOMANDA

***"Il processo di Demand Planning nelle aziende italiane:
 i risultati della Ricerca Ailog – LIUC"***

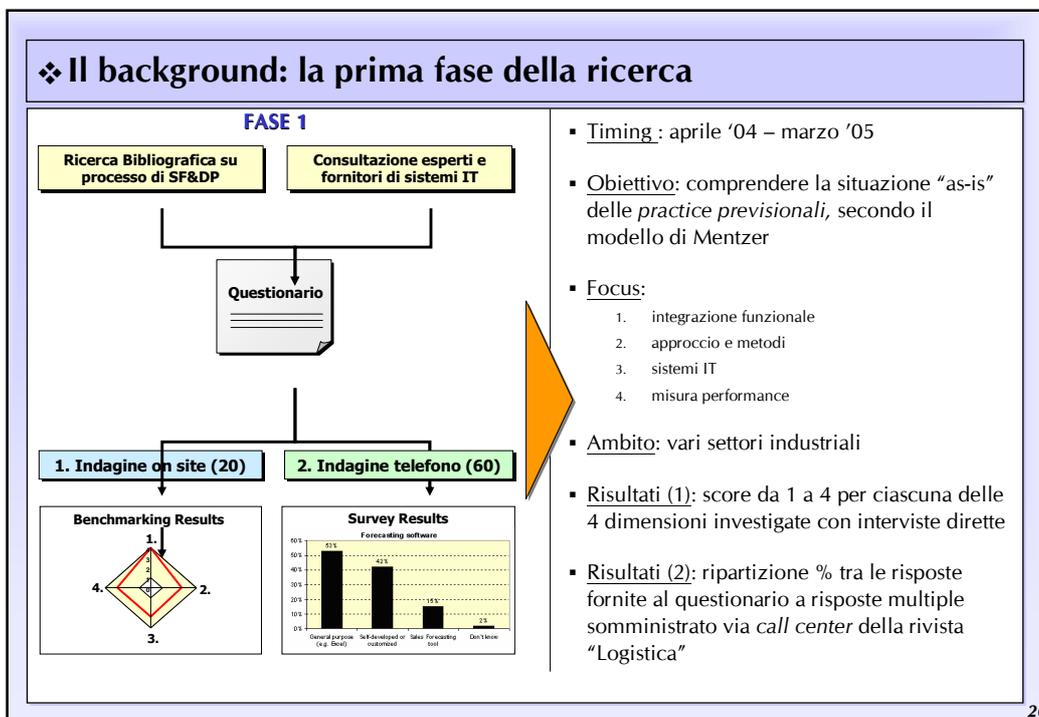
Fabrizio Dallari
 Direttore del Centro di Ricerca sulla Logistica
 Università Carlo Cattaneo – LIUC

Coordinatore Gruppo di Lavoro Ailog "Demand Planning"

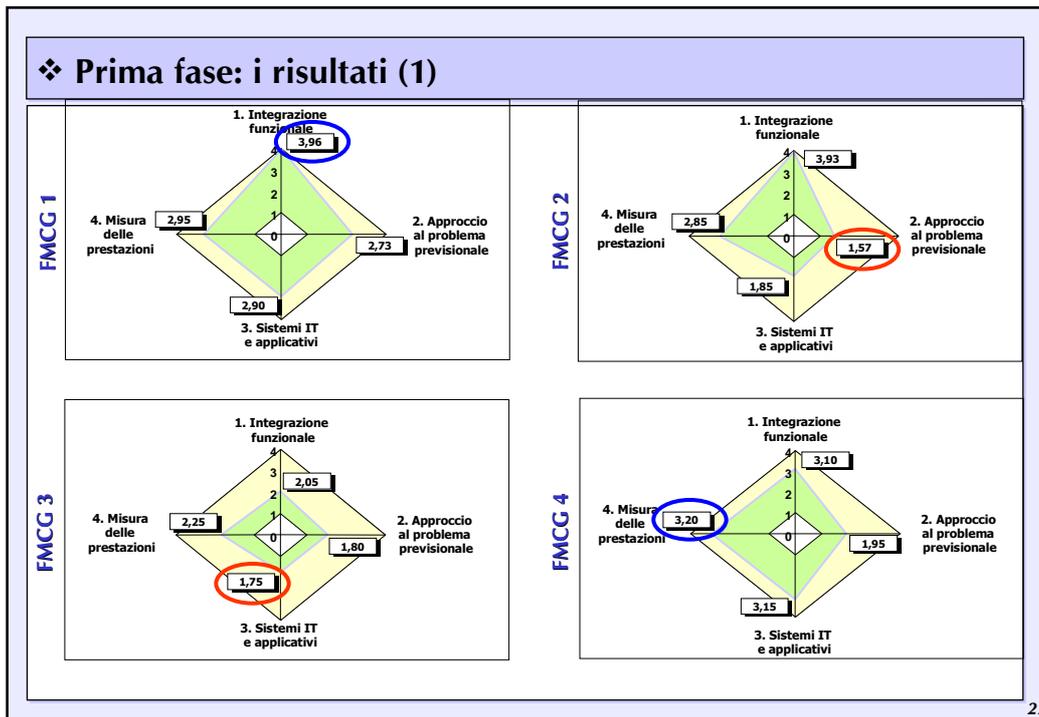




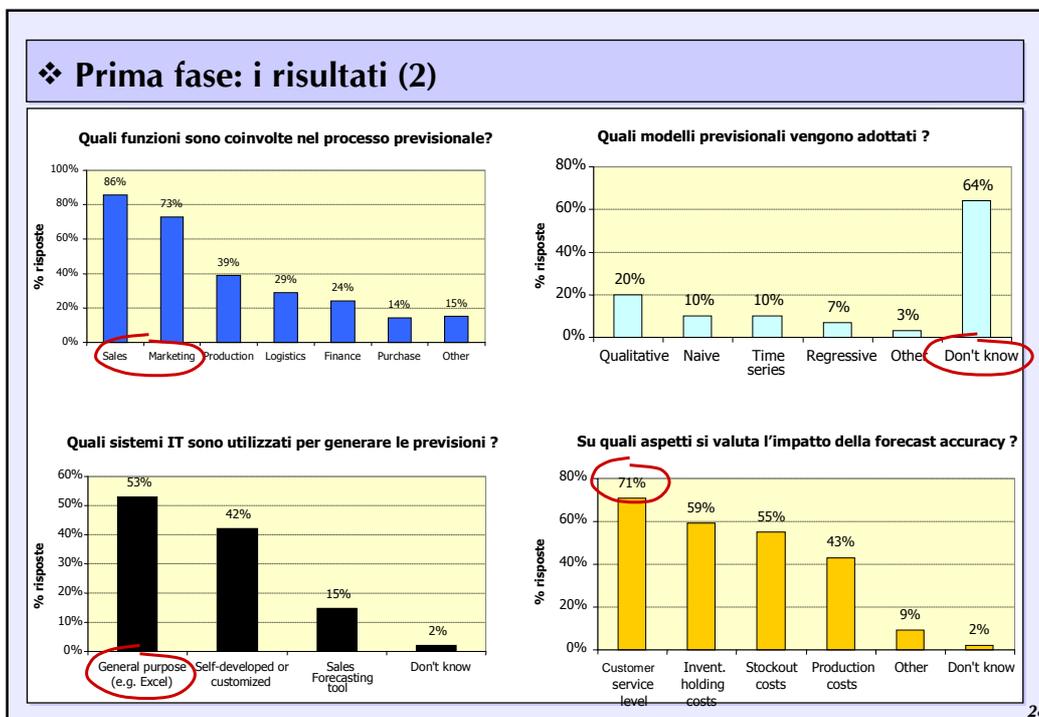
25



26

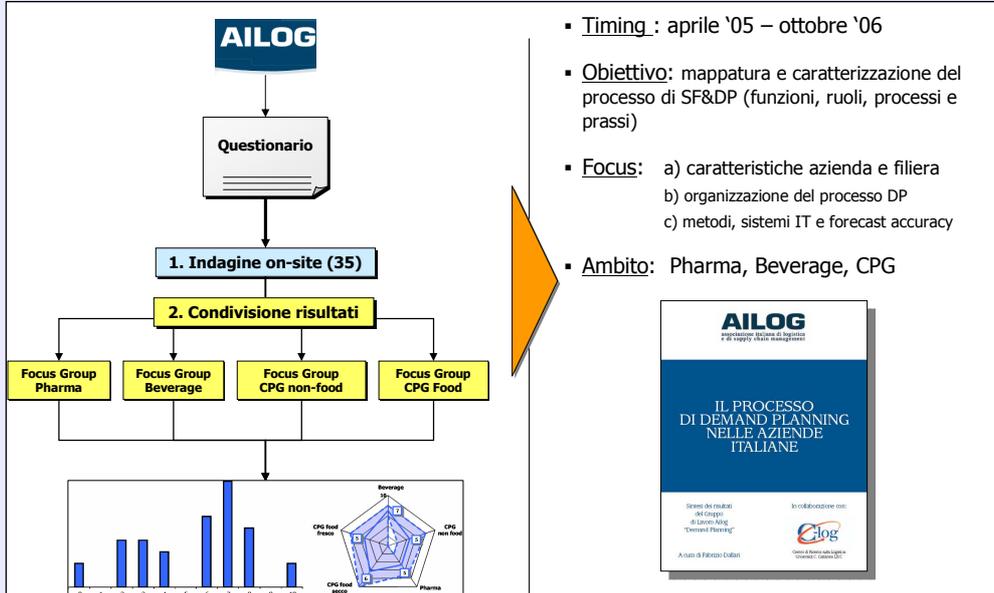


27



28

❖ **Analisi comparativa dei processi di SF & DP**

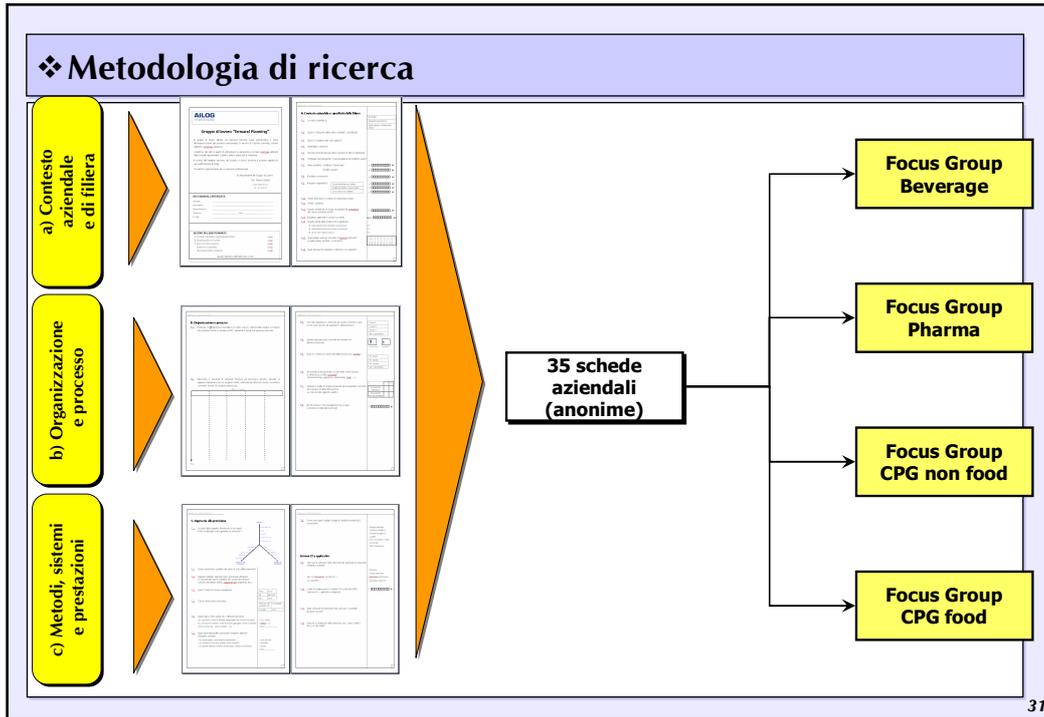


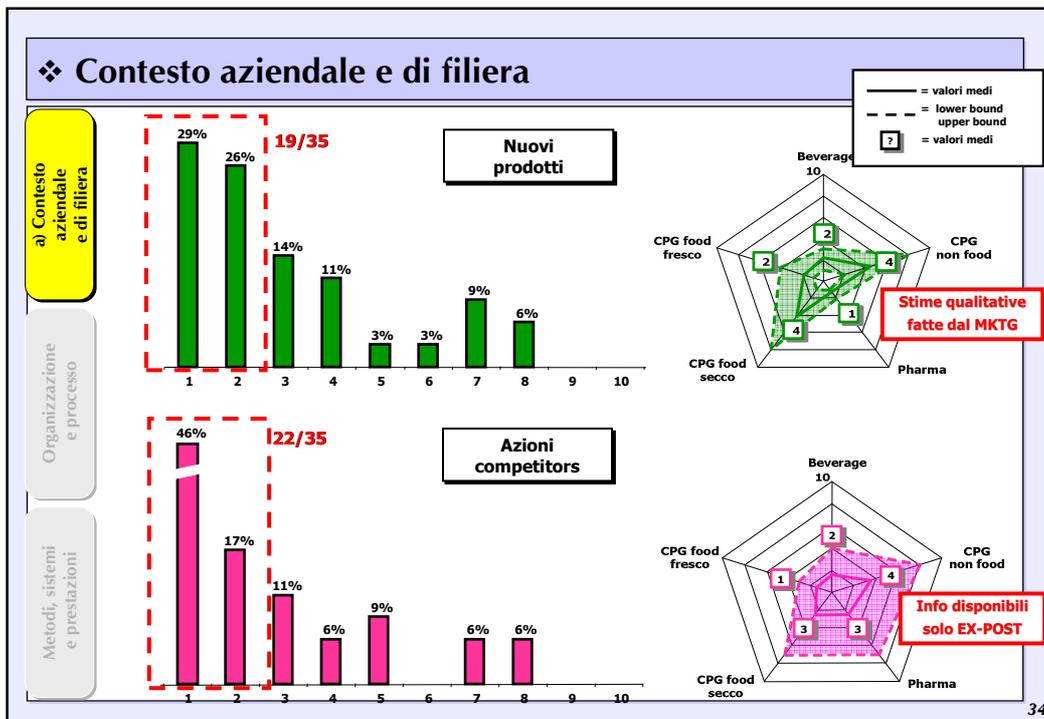
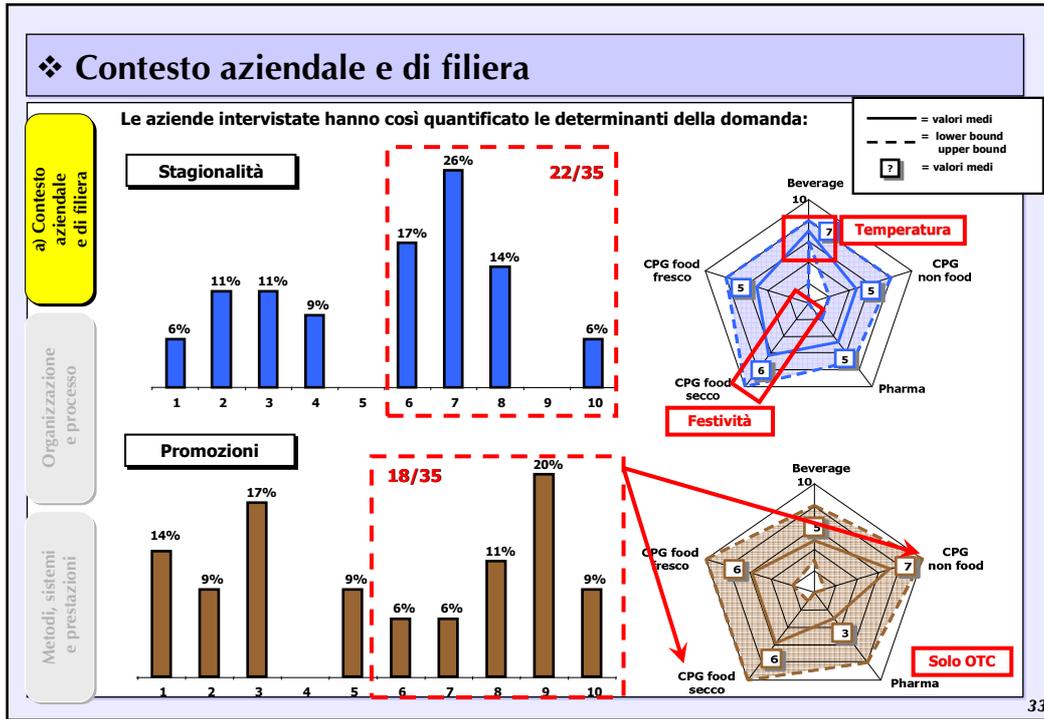
29

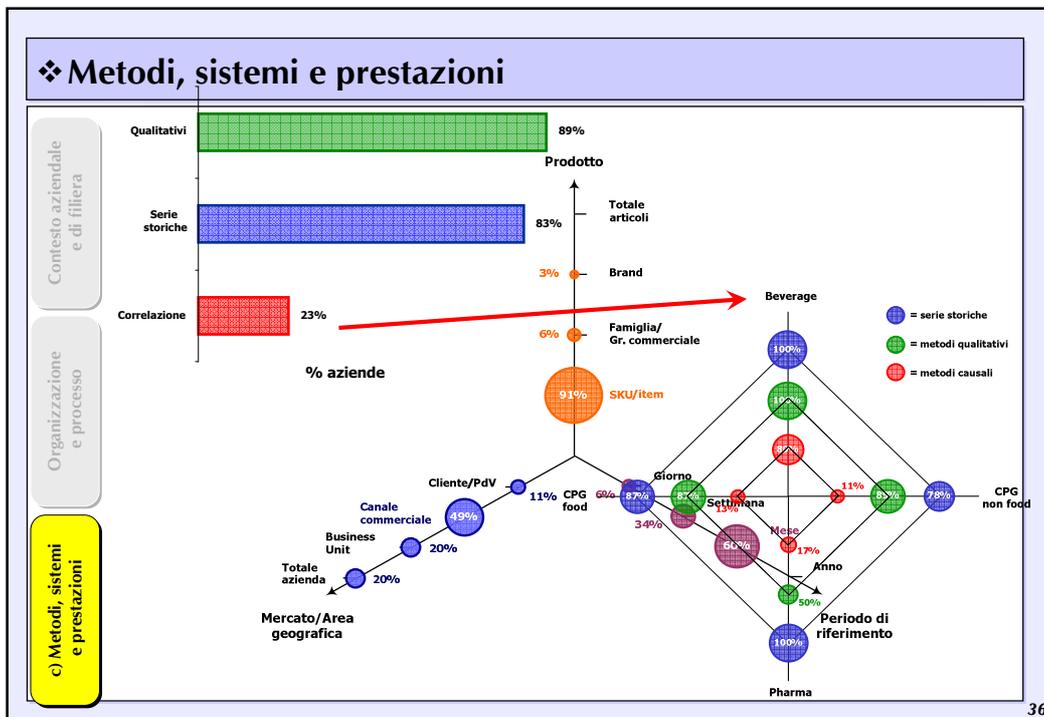
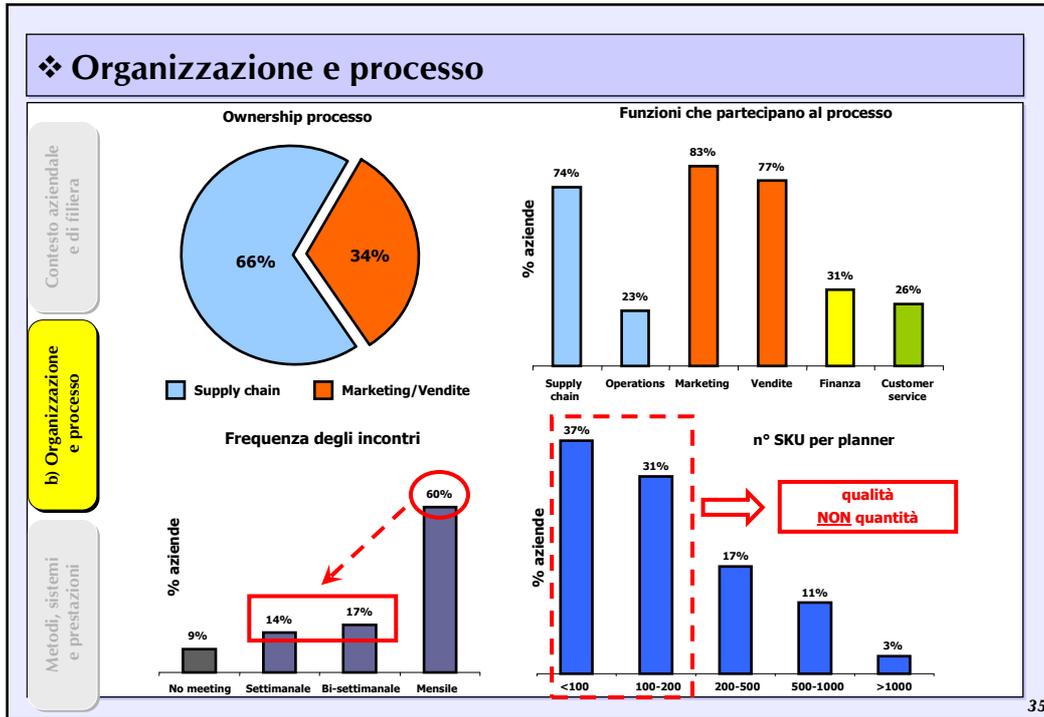
❖ **Aziende coinvolte**

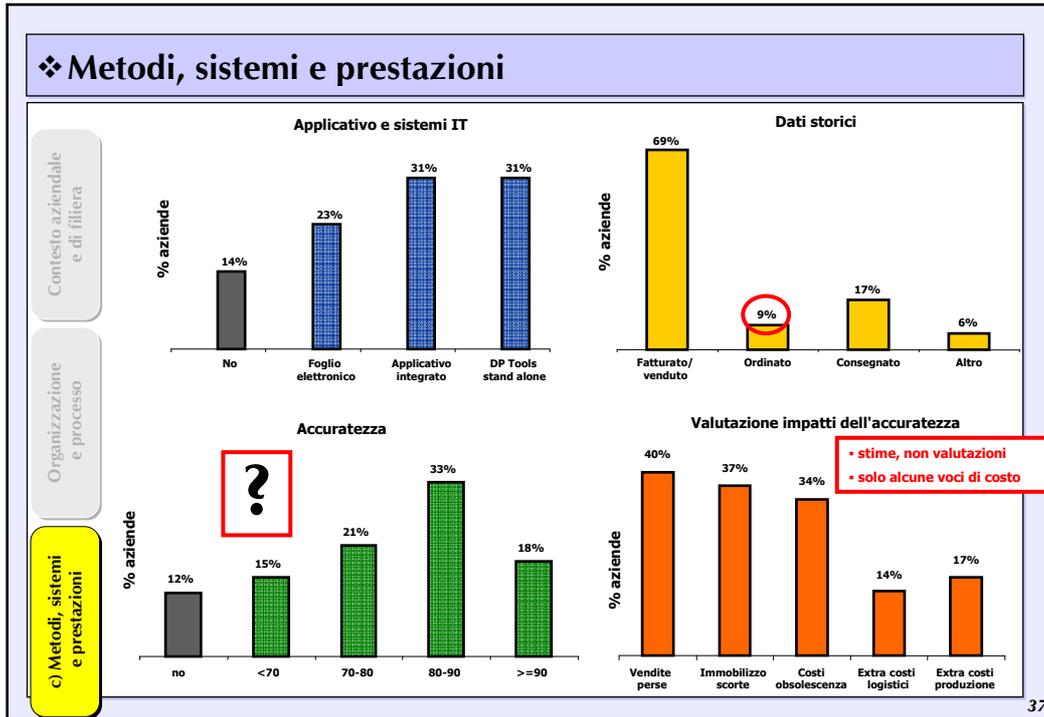
Beverage	Pharma	CPG non food	CPG food (secco)	CPG food (fresco)
CAMPARI	AstraZeneca	BOLTON MANITOBA	BOLTON ALIMENTARI	CARNINI
Carlsberg	ASPIRINA	Colgate	Barilla	Il sapore della freschezza
Heineken	BAYER	COTY	Britania Sadam	DANONE
Coca-Cola	gsk	vileda	LAVAZZA	Galbani
Heineken	GlaxoSmithKline	LANCASTER GROUP	Lindt	Vol dire fiducia.
Nestlé Waters	Pfizer	L'ORÉAL PARIS	MAÎTRE CHOCOLATIER	LACTALIS
	sanofi aventis	P&G	Masterfoods	parnalat
	Nicorette	RECKITT BENCKISER	Nestlé	
	THERABEL	Calanit	PURINA	
	GiEnne Pharma	Unilever	Unilever	

30









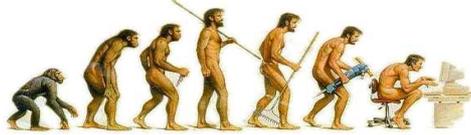
❖ Principali criticità e roadmap evolutiva

PRINCIPALI CRITICITÀ

- **Organizzazione:**
 - confusione interpretativa tra processi di SF e DP ⇒ attività parallele o duplicate, ownership parziale
 - conflittualità tra commerciale/supply chain
 - ↓ comunicazione, coordinamento e collaborazione sia cross-functional sia tra attori della filiera (CPFR ?)
- **Metodi:**
 - difficoltà a separare promozioni/eventi da baseline
 - a volte forecast non è estrapolato statisticamente
- **Sistemi IT:**
 - coesistenza di più sistemi per SF e DP (*Excel rules*)
 - "circolo vizioso" : complessità del tool, non adeguate competenze statistiche, mancato trasferimento conoscenza ⇒ perdita di fiducia e non utilizzo tool
- **Accuracy:**
 - non sempre viene misurata
 - difficoltà quantificazione impatti su KPI & *gap analysis*

ROADMAP EVOLUTIVA

- Integrare efficacemente i processi SF e DP
- Innescare il "circolo virtuoso" delle 3C e attivare processi collaborativi con gli attori della filiera
- Elevare il commitment a livello individuale e la sponsorship del top management
- Utilizzare e "manutenere" correttamente lo storico (vendite, ordini, promozioni, eventi, share, etc.)
- Sfruttare al meglio le potenzialità degli applicativi e degli strumenti IT
- Misurare e correlare analiticamente l'accuracy



39

❖ QUANTO COSTA PREVEDERE ?

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

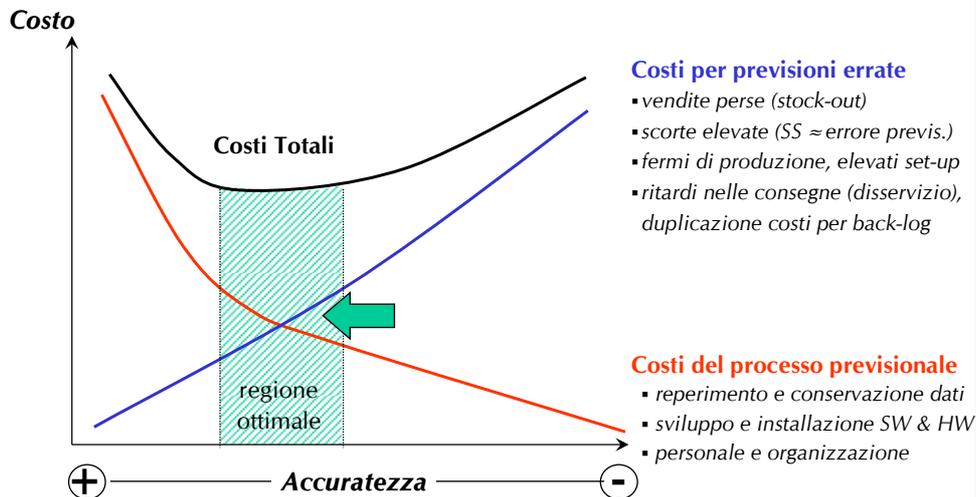
COSTI DI REPERIMENTO E CONSERVAZIONE DEI DATI	<ul style="list-style-type: none"> - analisi, ricerca e acquisizione dati - mantenimento e conservazione DB - traduzione delle informazioni esterne
COSTI DI SVILUPPO E INSTALLAZIONE	<ul style="list-style-type: none"> - analisi della situazione attuale - progettazione e parametrizzazione - hardware & software
COSTI DI GESTIONE E FUNZIONAMENTO OPERATIVO	<ul style="list-style-type: none"> - recruiting e formazione personale - analisi e monitoraggio continuo - organizzazione del processo

MA ESISTE UN TRADE-OFF ...

40

❖ QUANTO COSTA PREVEDERE ?

VALUTAZIONE DI COSTI vs. BENEFICI



41

❖ 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

56

❖ 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)

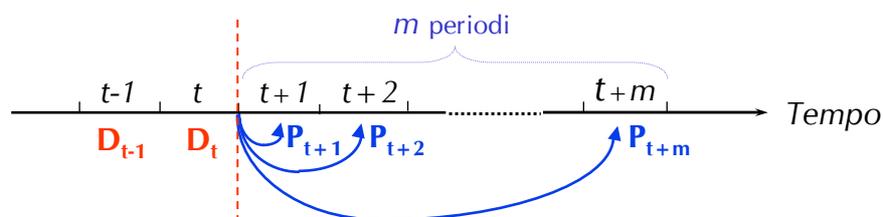


NB : le previsioni sono erratiche per definizione

57

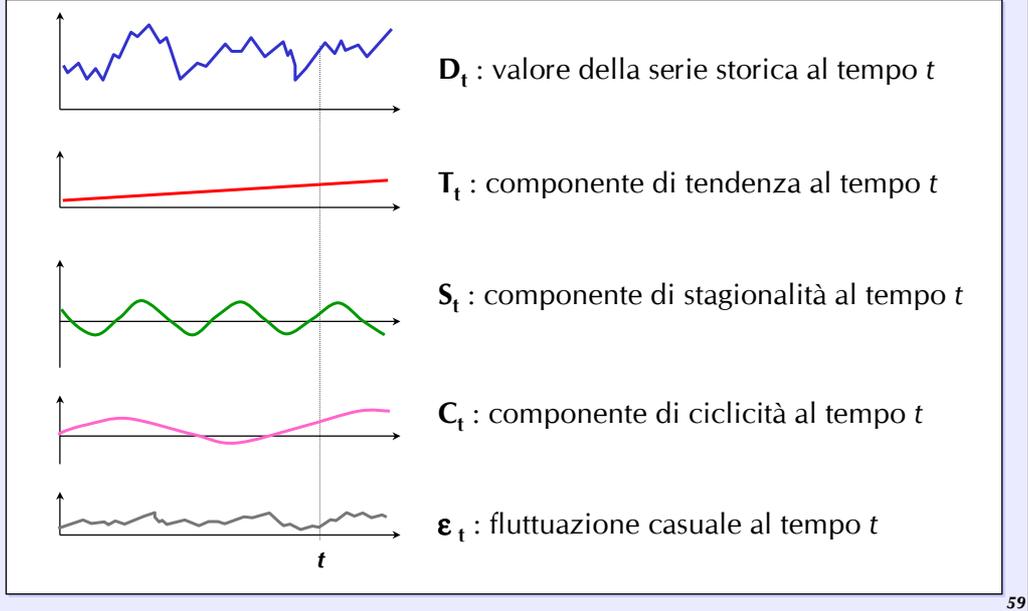
❖ SIMBOLOGIA ADOTTATA

- 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



58

❖ COMPONENTI DI UNA SERIE STORICA



❖ ANALISI DELLE SERIE STORICHE

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

componenti sistematiche *componente aleatoria*

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

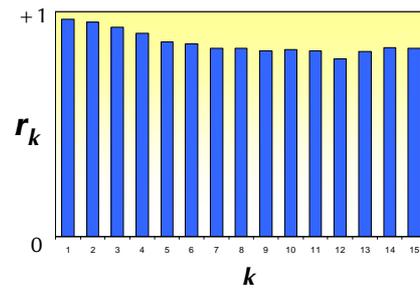


COMPONENTI DI TREND E STAGIONALITÀ

60

❖ ANALISI DELLE SERIE STORICHE

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

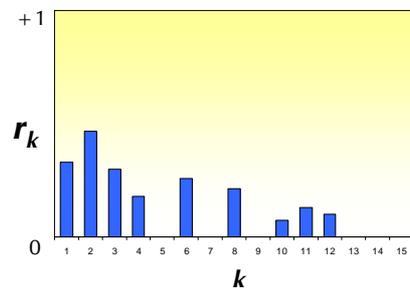
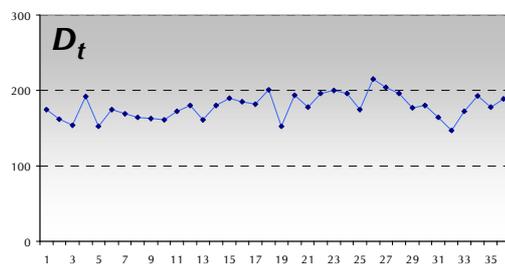


Valori elevati del coefficiente di autocorrelazione per $k=1$ e $k=2$ stanno a significare che dati successivi della serie sono correlati positivamente

61

❖ ANALISI DELLE SERIE STORICHE

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

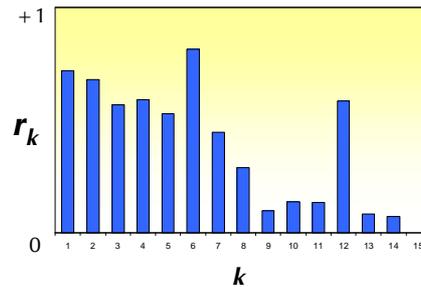
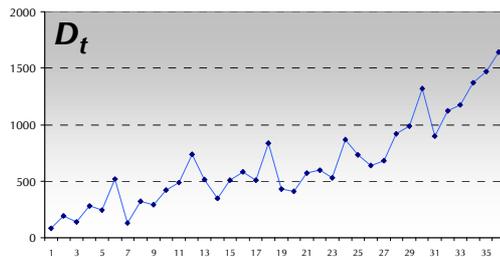


Valori modesti del coefficiente di autocorrelazione che assume valori vicini a zero per scarti temporali (k) superiori a 2 o 3

62

❖ 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

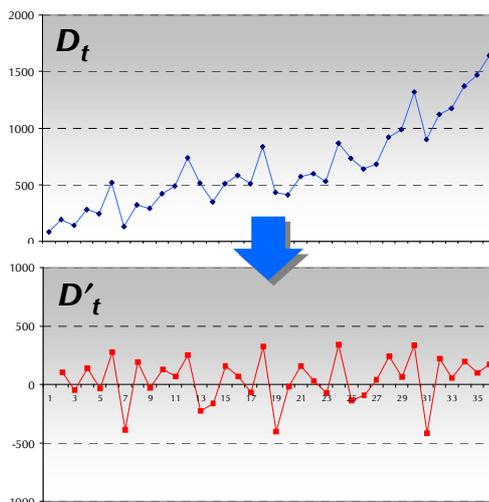


E' necessario ricorrere al metodo delle differenze prime per rendere la serie stazionaria al fine di rilevarne la componente di stagionalità.

63

❖ 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_n) si determina la serie delle differenze prime :

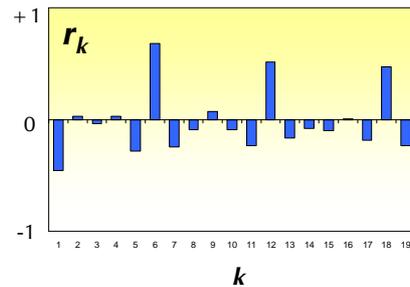
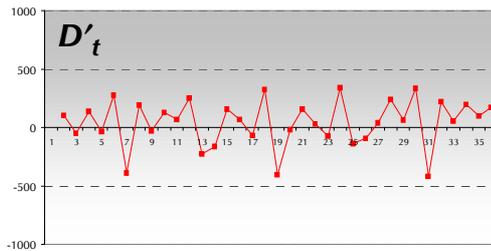
$$D'_t = D_t - D_{t-1}$$

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

64

❖ 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 ($k=12, 18$)

65

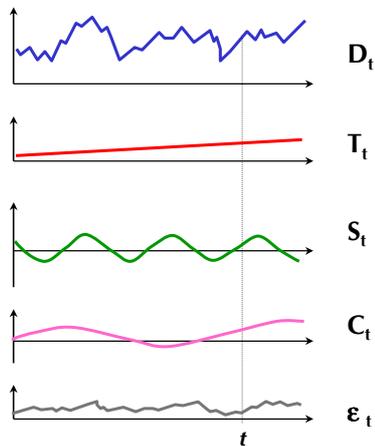
❖ INDICE DEGLI ARGOMENTI TRATTATI

- 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

66

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

67

❖ 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

68

❖ ANALISI DELLE SERIE STORICHE

Decomposizione

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

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

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*):

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

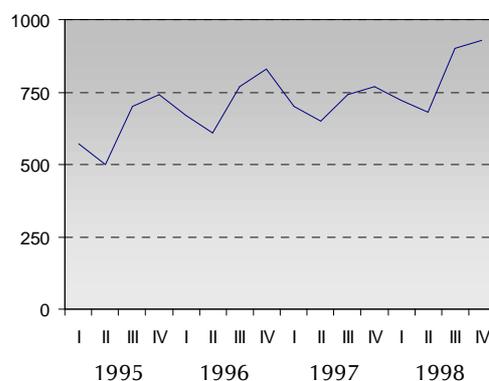
69

❖ 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



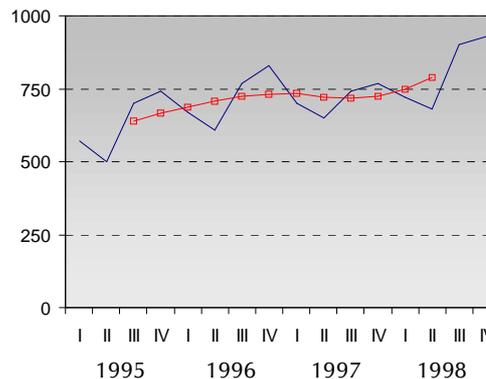
70

❖ 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		



71

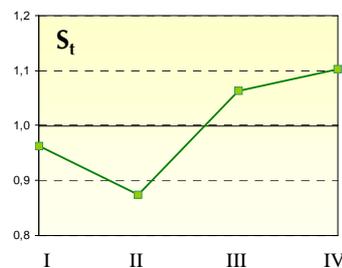
❖ ANALISI DELLE SERIE STORICHE

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
$\Sigma = 4$	



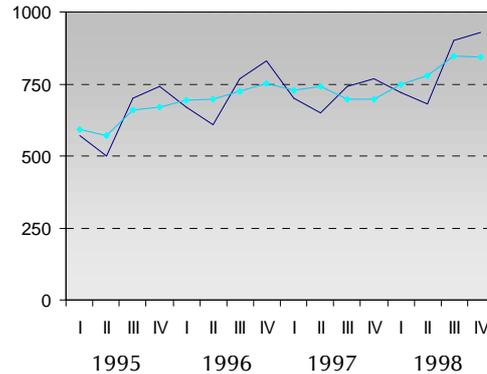
72

❖ 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



73

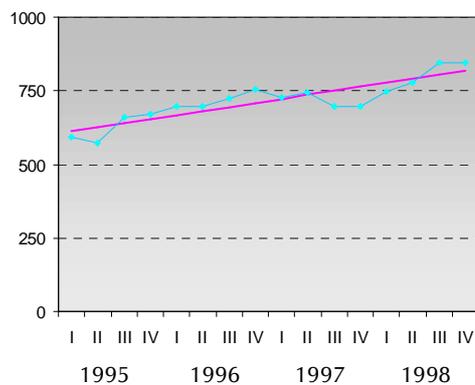
❖ ANALISI DELLE SERIE STORICHE

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

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



74

❖ 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	

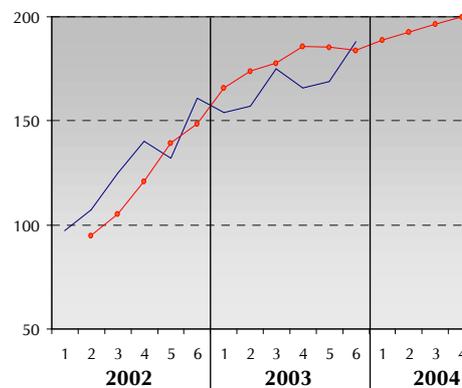
75

❖ 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 ($m = 1, 2, 3, 4, \dots$)

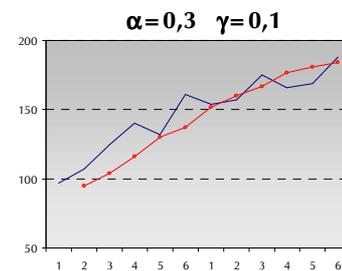
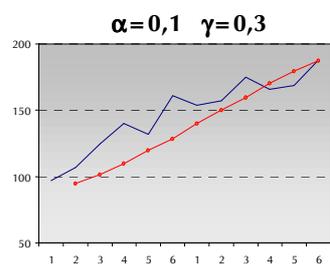
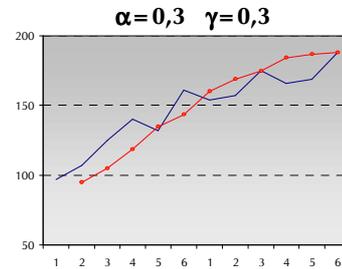
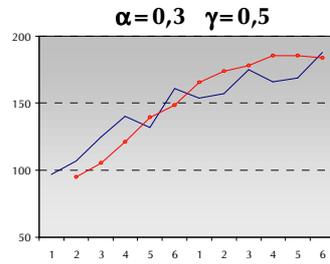
Anno	Bim.	D _t	M _t	T _t	P _t
2002	1	97	90	5	
	2	107	99	6,8	95
	3	125	111	9,7	105
	4	140	127	12,6	121
	5	132	137	11,5	139
	6	161	152	13,4	149
2003	1	154	162	11,6	166
	2	157	169	9,1	174
	3	175	177	8,7	178
	4	166	180	5,7	186
	5	169	181	3,2	185
	6	188	185	3,9	184
				m = 1	189
				m = 2	193
				m = 3	197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



76

❖ SMORZAMENTO ESPONENZIALE

Modello di Holt



77

❖ 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

78

❖ 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 ($0 \leq \alpha \leq 1$)

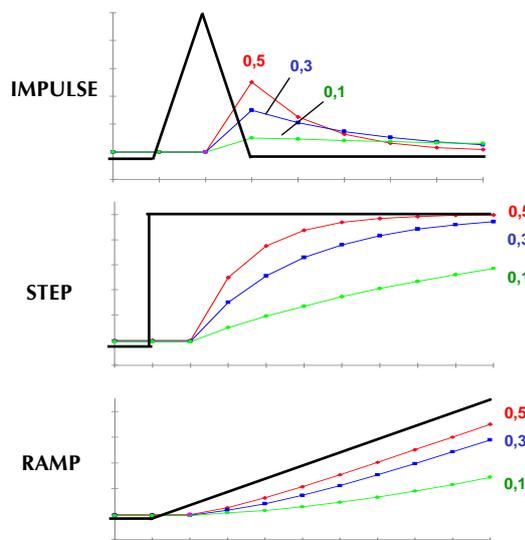


LA PREVISIONE E' OTTENUTA DALLA MEDIA PONDERATA TRA
 IL VALORE ATTUALE D_t E LA PREVISIONE PRECEDENTE P_t

79

❖ 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 :
 $E = T / \alpha$

80

❖ SMORZAMENTO ESPONENZIALE

Modello di Holt

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

$$P_{t+m} = M_t + m \cdot T_t$$

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

81

❖ SMORZAMENTO ESPONENZIALE

Modello di Holt

AL TERMINE DEL PERIODO t , DISPONENDO DEL NUOVO DATO DI
 DOMANDA, SI AGGIORNANO I VALORI DI MEDIA E TREND SMORZATO:

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

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

α, γ : COEFFICIENTI DI SMORZAMENTO ($0 \leq \alpha, \gamma \leq 1$)



LE RELAZIONI DI AGGIORNAMENTO DELLA MEDIA E DEL TREND
 SEGUONO IL PRINCIPIO DELLO SMORZAMENTO ESPONENZIALE

82

❖ SMORZAMENTO ESPONENZIALE

Modello di Holt

- Il modello di Holt si applica in presenza di trend e per domande non stagionali (o preventivamente destagionalizzate)
- La previsione P_{t+m}
 - richiede 3 dati $f(D_t, M_{t-1}, T_{t-1})$
 - contiene tutti i dati storici $(D_t, D_{t-1}, \dots, D_1)$
 - ponderati con valori decrescenti
- I valori di α e γ condizionano la reattività del modello previsionale
- All'aumentare di m diminuisce l'accuratezza delle previsioni
- In alternativa è possibile attenuare la componente di trend proiettata nel futuro mediante un parametro $\Phi [0 ; 1]$

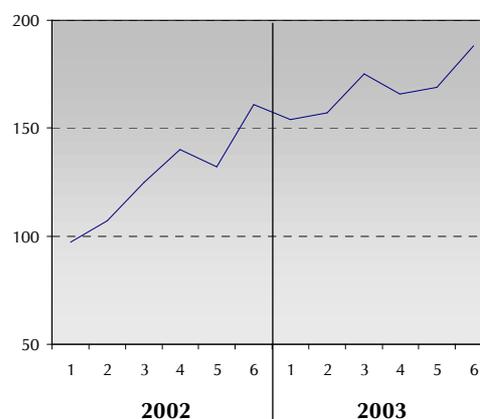
83

❖ SMORZAMENTO ESPONENZIALE

Modello di Holt

Esempio : applicare il modello di Holt alla serie storica degli ordini bimestrali riportati nella tabella sottostante

Anno	Bim.	D_t
2002	1	97
	2	107
	3	125
	4	140
	5	132
	6	161
2003	1	154
	2	157
	3	175
	4	166
	5	169
	6	188



84

❖ SMORZAMENTO ESPONENZIALE

Modello di Holt

1. Assumendo i valori iniziali $M_1 = 90$ e $T_1 = 5$ si procede ad aggiornare bimestre per bimestre i valori di M_t e T_t (si assumano inizialmente $\alpha = 0,3$ e $\gamma = 0,5$)

Anno	Bim.	D_t	M_t	T_t
2002	1	97	90	5
	2	107	99	6,8
	3	125	111	9,7
	4	140	127	12,6
	5	132	137	11,5
	6	161	152	13,4
2003	1	154	162	11,6
	2	157	169	9,1
	3	175	177	8,7
	4	166	180	5,7
	5	169	181	3,2
	6	188	185	3,9

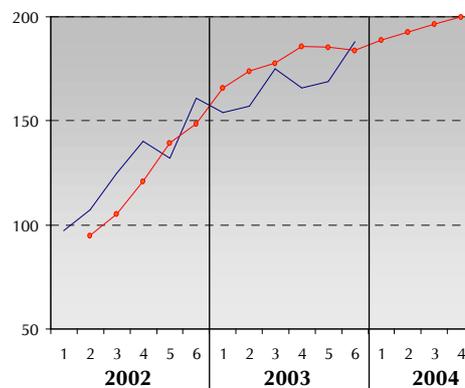
85

❖ SMORZAMENTO ESPONENZIALE

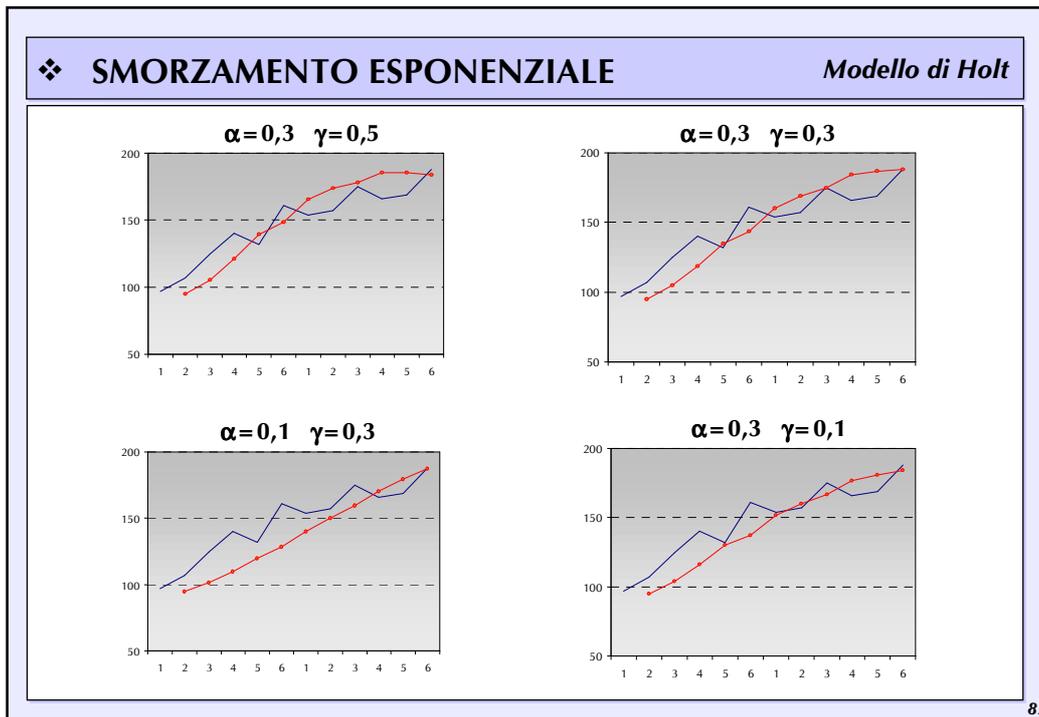
Modello di Holt

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



86



❖ 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

88

❖ SMORZAMENTO ESPONENZIALE

Modello di Winters

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

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

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

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

89

❖ 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

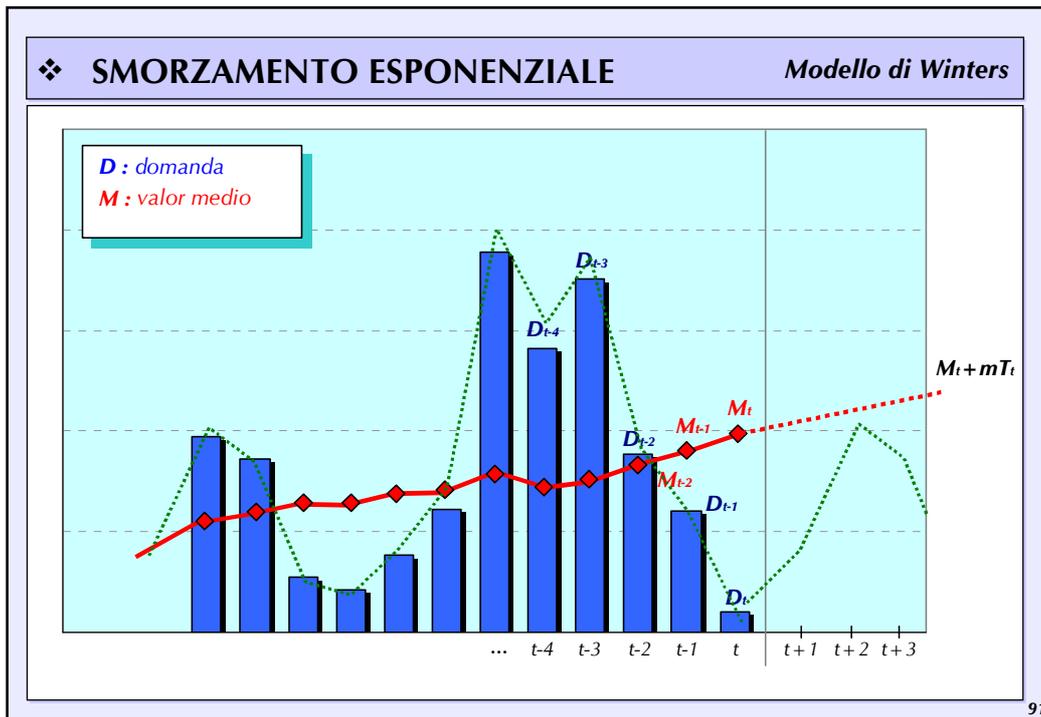
- La previsione P_{t+m}

}	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

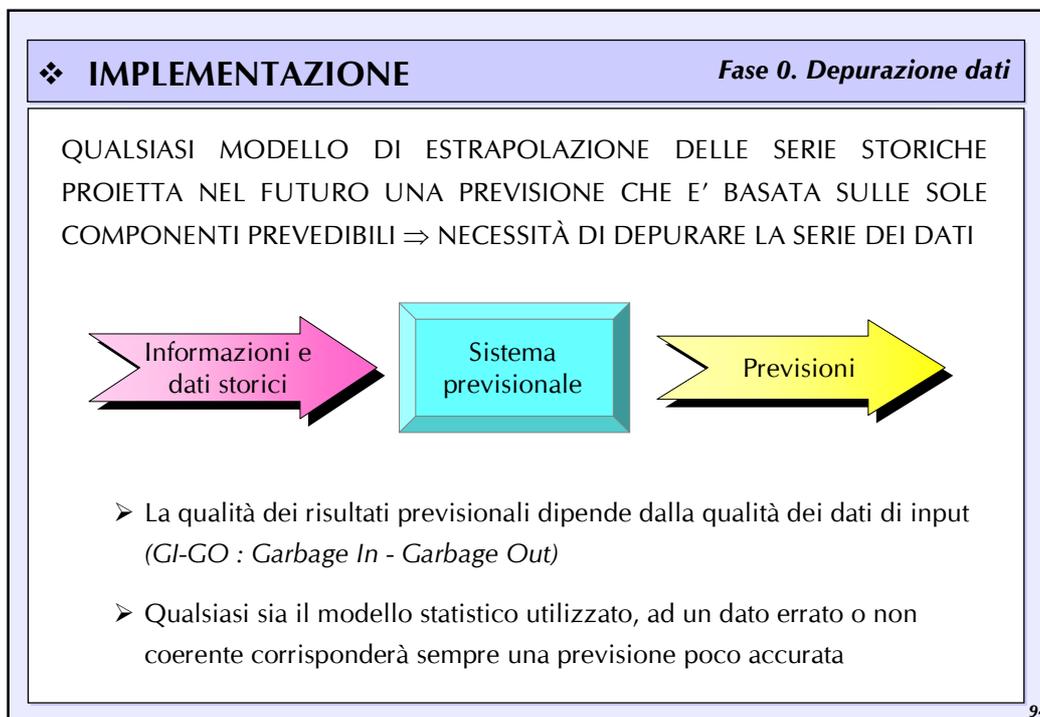
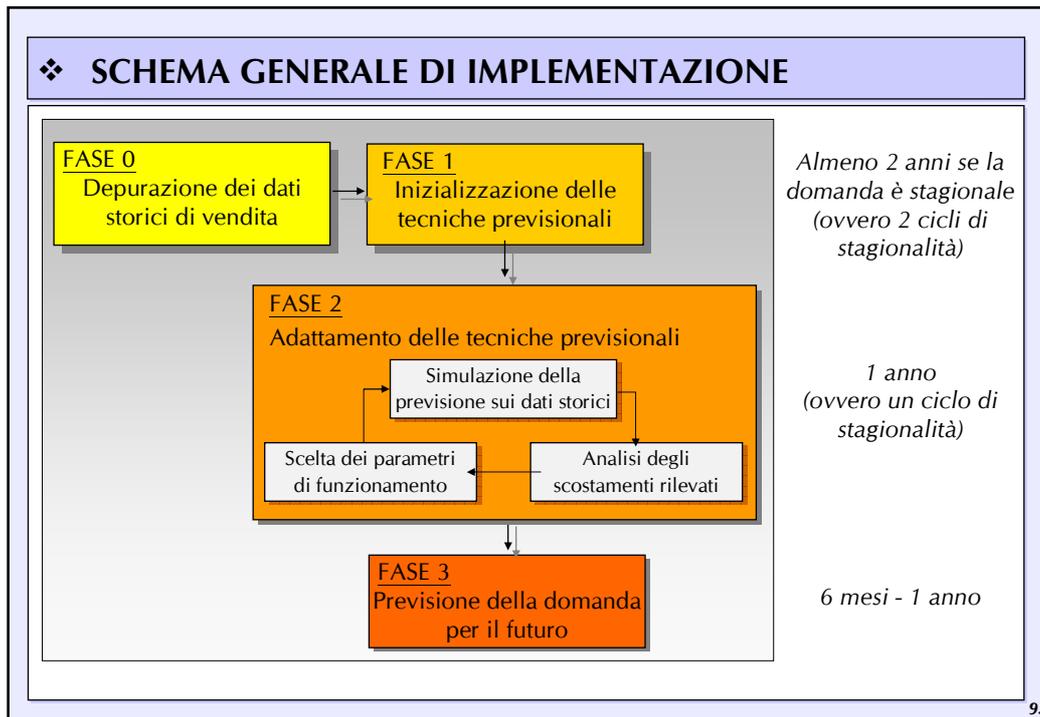
- I valori di α, β, γ condizionano la reattività del modello

- All'aumentare di m diminuisce l'accuratezza delle previsioni

90



- ❖ 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
- 92



Fase 1. Inizializzazione

❖ IMPLEMENTAZIONE

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

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

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

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

95

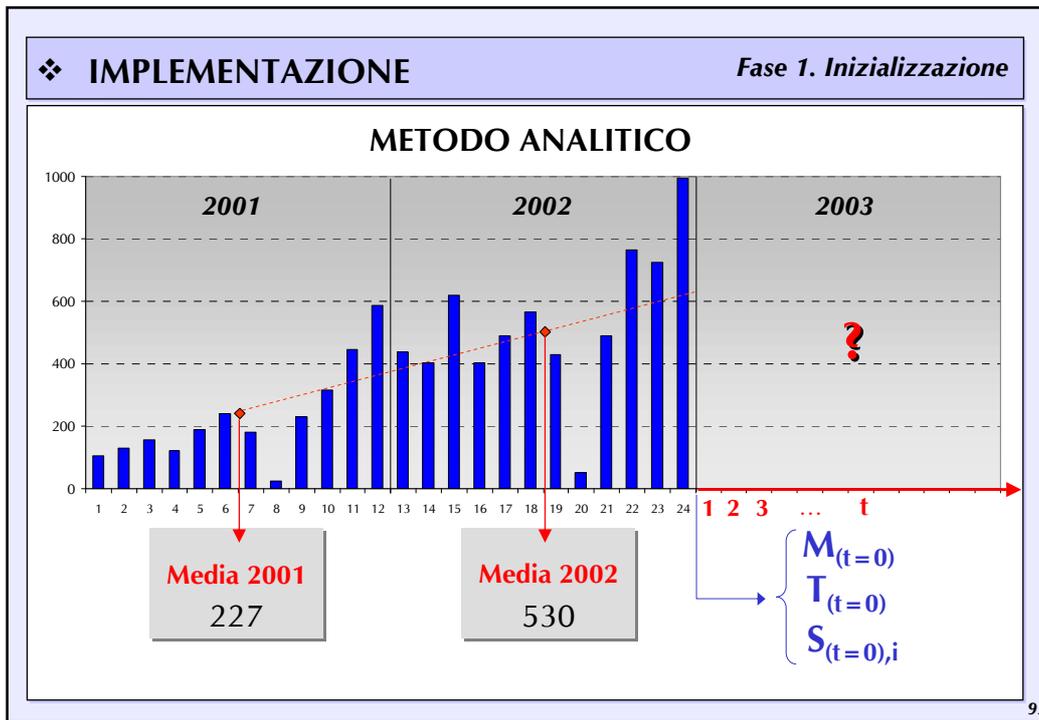
Fase 1. Inizializzazione

❖ IMPLEMENTAZIONE

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

96



❖ IMPLEMENTAZIONE Fase 1. Inizializzazione

METODO ANALITICO

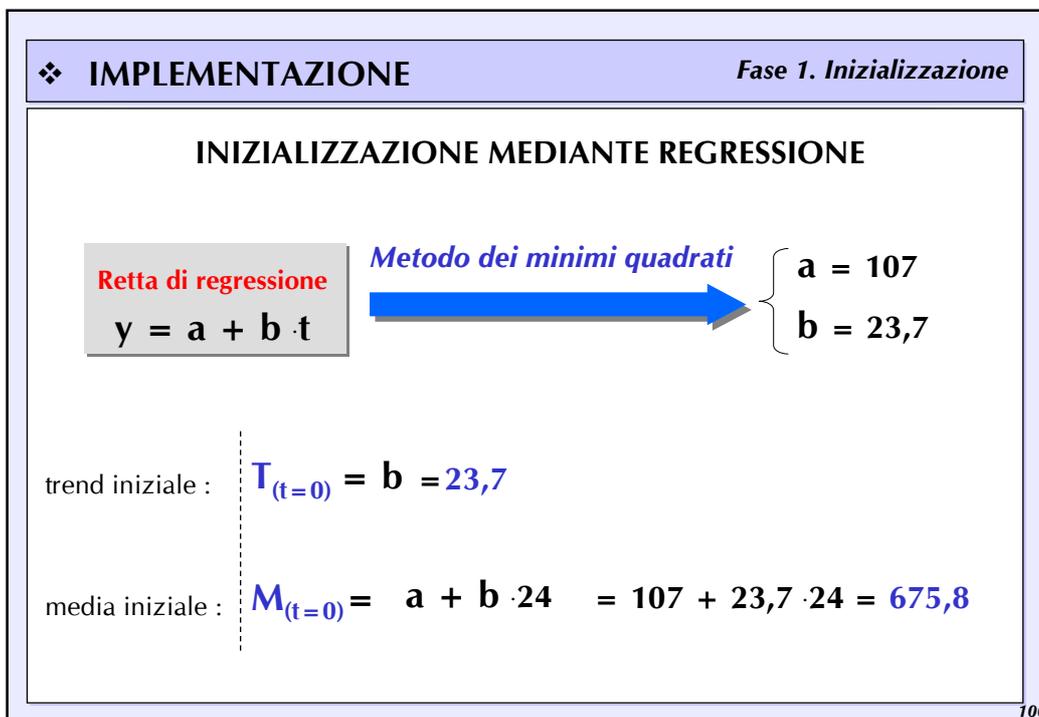
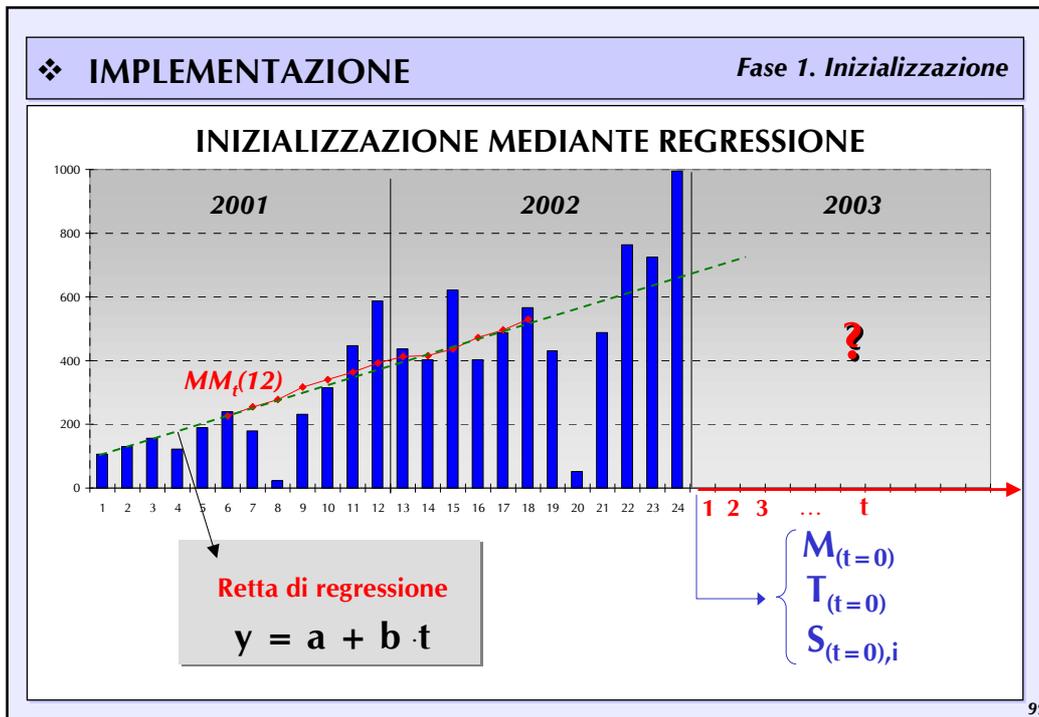
trend iniziale :
$$T_{(t=0)} = \frac{M_{02} - M_{01}}{12} = \frac{530 - 227}{12} = 25,2$$

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, ...

98



❖ IMPLEMENTAZIONE Fase 1. Inizializzazione

INIZIALIZZAZIONE MEDIANTE REGRESSIONE

stagionalità iniz.: $S_{(t=0),gen} = \frac{\frac{D_{gen,01}}{a + b \cdot 1} + \frac{D_{gen,02}}{a + b \cdot 13}}{2}$

$$= \frac{\frac{106}{107 + 23,7 \cdot 1} + \frac{437}{107 + 23,7 \cdot 13}}{2} = 0,932^*$$

* idem per febbraio, marzo, ...

101

❖ 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

102

❖ 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)

103

❖ IMPLEMENTAZIONE **Fase 2. Adattamento**

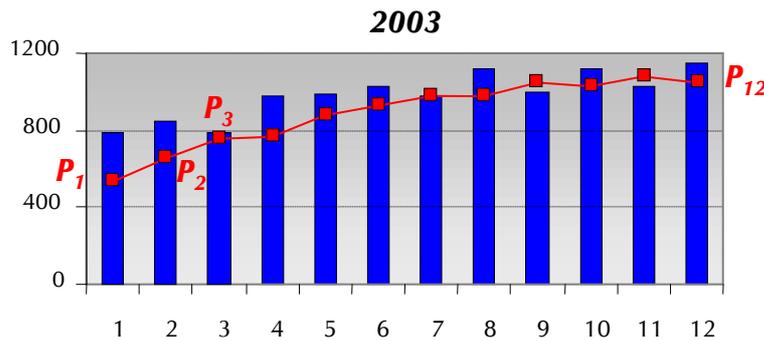
Dal periodo $t=0$ si effettua una previsione "simulata" mese per mese ($m=1$), ignorando i dati di domanda (noti) del mese successivo

104

❖ 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



105

❖ 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

106

❖ 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

107

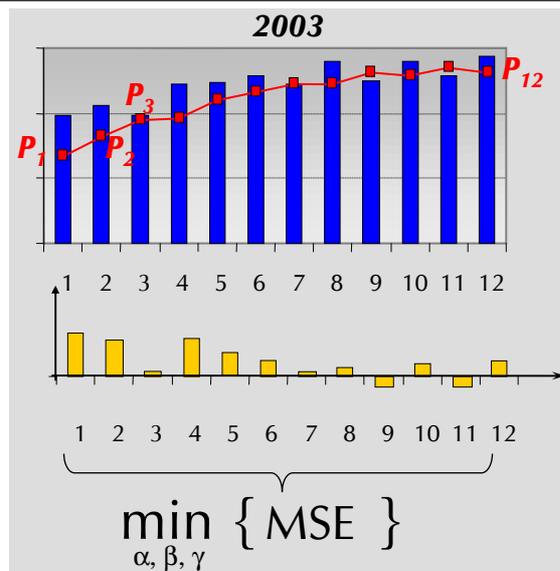
❖ IMPLEMENTAZIONE

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



$$E_t = D_t - P_t$$



108

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

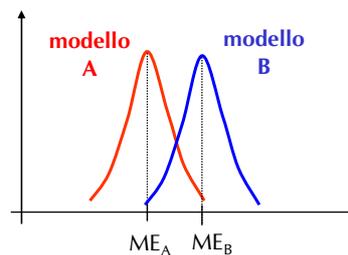
ME (Mean Error) : ERRORE MEDIO

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

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

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

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



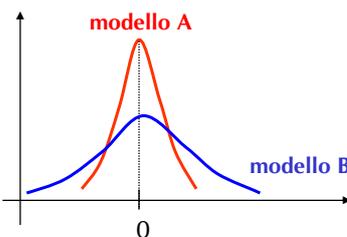
109

❖ **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



110

❖ **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

111

❖ **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

112

❖ **MONITORAGGIO DELLE PREVISIONI**

Indicatori dell'errore

MSE (Mean Square Error) : ERRORE QUADRATICO MEDIO

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

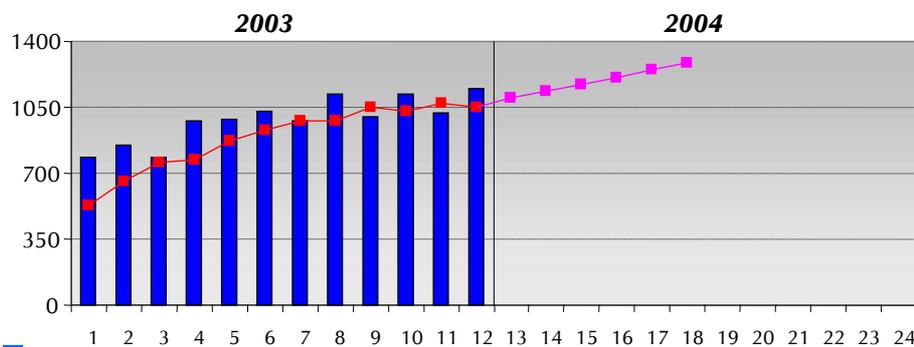
- penalizza maggiormente gli errori elevati in valore assoluto
- fornisce indicazioni simili allo SDE
- l'unità di misura risultante è poco pratica (unità al quadrato)

113

❖ **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)

114

