# Yield management e Matematica: come il Revenue manager può trarre profitto da modelli e algoritmi

Paola Pellegrini

IFSTTAR, Lille, Francia

# Yield management

Lo yield management è il processo di capire, anticipare e influenzare il comportamento di consumatori.

L'obiettivo quindi è vendere il prodotto
al cliente giusto,
al momento giusto,
al prezzo giusto.

# Componenti

Fare yield management significa nel prendere decisioni in una molteplicità di ambiti:

- Segmentazione del mercato
- Forecasting della domanda
- Overbooking
- Gestione della capacità
- Gestione del prezzo

# Componenti

Fare yield management significa nel prendere decisioni in una molteplicità di ambiti:

- Segmentazione del mercato
- **Forecasting della domanda**
- Overbooking
- Gestione della capacità
- **Gestione del prezzo**

# Forecasting della domanda

# La matematica nel forecasting della domanda

Fare forecasting della domanda significa prevedere la quantità di roomnight (as esempio) che sarà richiesta in futuro.

La matematica che si usa in questo caso è basata sull'analisi delle serie storiche.

Analizziamo la serie storica e individuiamo empiricamente le regole che le osservazioni seguono.

# La matematica nel forecasting della domanda

Fare forecasting della domanda significa prevedere la quantità di roomnight (as esempio) che sarà richiesta in futuro.

La matematica che si usa in questo caso è basata sull'analisi delle serie storiche.

Analizziamo la serie storica e individuiamo empiricamente le regole che le osservazioni seguono.

Quando usiamo l'**analisi delle serie storiche** per fare forecasting della domanda, accettiamo due ipotesi principali:

# La matematica nel forecasting della domanda

Fare forecasting della domanda significa prevedere la quantità di roomnight (as esempio) che sarà richiesta in futuro.

La matematica che si usa in questo caso è basata sull'analisi delle serie storiche.

Analizziamo la serie storica e individuiamo empiricamente le regole che le osservazioni seguono.

Quando usiamo l'**analisi delle serie storiche** per fare forecasting della domanda, accettiamo due ipotesi principali:

- le dinamiche della domanda rimangono costanti nel tempo;

# La matematica nel forecasting della domanda

Fare forecasting della domanda significa prevedere la quantità di roomnight (as esempio) che sarà richiesta in futuro.

La matematica che si usa in questo caso è basata sull'analisi delle serie storiche.

Analizziamo la serie storica e individuiamo empiricamente le regole che le osservazioni seguono.

Quando usiamo l'**analisi delle serie storiche** per fare forecasting della domanda, accettiamo due ipotesi principali:

- le dinamiche della domanda rimangono costanti nel tempo;
- il modo in cui si palesa la domanda segue una qualche regola, ben approssimabile usando una funzione.

# La matematica nel forecasting della domanda

- le dinamiche della domanda rimangono costanti nel tempo;

L'unico intervento a disposizione è l'allargamento o il restringimento dell'intervallo di tempo da cui estraiamo i dati da analizzare.

Restringere troppo l'intervallo implica che qualunque cosa "straordinaria" sia successa in quel periodo avrà una grossa ripercussione sui risultati.

# La matematica nel forecasting della domanda

- il modo in cui si palesa la domanda segue una qualche regola, ben approssimabile usando una funzione.

ci sono due principali interventi a disposizione: segmentare la domanda in modo appropriato, valutare diverse funzioni per trovare quella che si adatta meglio al caso specifico.

Segmentare troppo la domanda implica che i dati su cui baseremo il forecast per ogni segmento saranno molto pochi, e quindi che qualunque cosa, anche poco "straordinaria", sia successa avrà una grossa ripercussione sui risultati.

# Modelli per il forecasting della domanda

Sia $F_g$ la previsione che effettuiamo per il giorno $g$

Vediamo come calcolare il forecasting usando quattro modelli:

- media mobile (moving average)
- smorzamento esponensiale (exponential smoothing)
- pick-up additivo (additive pick-up)
- pick-up moltiplicativo (multiplicative pick-up)

Indicheremo con $D_k$ la domanda verificatasi nel giorno $k$

# Media mobile

$$F_g = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} D_{g-7i}$$

con $n$ numero di osservazioni che vogliamo considerare.

Calcoliamo la previsione per il 24/11 (giovedì)

# Media mobile

$$F_g = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} D_{g-7i}$$

con $n$ numero di osservazioni che vogliamo considerare.

Calcoliamo la previsione per il 24/11 (giovedì)

Con $n = 3$

$$F_{24/11} = \frac{D_{17/11} + D_{10/11} + D_{03/11}}{3}$$

# Media mobile

$$F_g = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} D_{g-7i}$$

con $n$ numero di osservazioni che vogliamo considerare.

Calcoliamo la previsione per il 24/11 (giovedì)

Con $n = 3$

$$F_{24/11} = \frac{D_{17/11} + D_{10/11} + D_{03/11}}{3}$$

Con $n = 5$

$$F_{24/11} = \frac{D_{17/11} + D_{10/11} + D_{03/11} + D_{27/10} + D_{20/10}}{5}$$

# Smorzamento esponenziale

$$F_g = \alpha D_{g-7} + (1-\alpha) F_{g-7}$$

con $0 < \alpha < 1$ parametro da determinare.

Calcoliamo la previsione per il 24/11 (giovedì)

# Smorzamento esponenziale

$$F_g = \alpha D_{g-7} + (1-\alpha) F_{g-7}$$

con $0 < \alpha < 1$ parametro da determinare.

Calcoliamo la previsione per il 24/11 (giovedì)
Con $\alpha = 0.1$

$$F_{24/11} = 0.1 \cdot D_{17/11} + 0.9 \cdot F_{17/11}$$

# Smorzamento esponenziale

$$F_g = \alpha D_{g-7} + (1-\alpha) F_{g-7}$$

con $0 < \alpha < 1$ parametro da determinare.

Calcoliamo la previsione per il 24/11 (giovedì)
Con $\alpha = 0.1$

$$F_{24/11} = 0.1 \cdot D_{17/11} + 0.9 \cdot F_{17/11}$$

Con $\alpha = 0.8$

$$F_{24/11} = 0.8 \cdot D_{17/11} + 0.2 \cdot F_{17/11}$$

# Calcolo del pick-up

Il pick-up ci dice quante prenotazioni arriveranno negli ultimi $z$ giorni prima del giorno che stiamo considerando.

Può essere assoluto o relativo.

# Calcolo del pick-up

Il pick-up assoluto a $i$ giorni si calcola come:

$$PUA_i^s = \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} D_{g^k} - b_{g^k,i}$$

con $n$ numero di osservazioni, $s$ giorno della settimana considerato, $g^k$ $k-$esimo giorno corrispondente a $s$ nel passato, e $b_{g^k,i}$ prenotazioni ricevute per il giorno $g^k$ entro $i$ giorni prima.

Con $n = 3$

$$PUA_5^{gio} = \frac{(D_{17/11} - b_{17/11,5}) + (D_{10/11} - b_{10/11,5}) + (D_{03/11} - b_{03/11,5})}{3}$$

con $b_{03/11,5}$ numero di prenotazioni per il 03/11 entro il 29/10

# Calcolo del pick-up

Il pick-up relativo a $i$ giorni si calcola come:

$$PUR_i^s = \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n}\frac{D_{g^k}}{b_{g^k,i}}$$

con $n$ numero di osservazioni, $s$ giorno della settimana considerato, $g^k$ $k-$esimo giorno corrispondente a $s$ nel passato, e $b_{g^k,i}$ prenotazioni ricevute per il giorno $g^k$ entro $i$ giorni prima.

Con $n = 3$

$$PUR_5^{gio} = \frac{\frac{D_{17/11}}{b_{17/11,5}} + \frac{D_{10/11}}{b_{10/11,5}} + \frac{D_{03/11}}{b_{03/11,5}}}{3}$$

con $b_{03/11,5}$ numero di prenotazioni per il 03/11 entro il 29/10

# Pick-up additivo e multiplicativo

Se al giorno $g$ mancano $i$ giorni, e $g$ è un giorno $s$ della settimana

# Pick-up additivo e multiplicativo

Se al giorno $g$ mancano $i$ giorni, e $g$ è un giorno $s$ della settimana

la previsione secondo il metodo del pick-up additivo è

$$F_g = PUA_i^s + b_{g,i} \qquad F_{24/11} = PUA_3^{gio} + b_{24/11,3}$$

# Pick-up additivo e multiplicativo

Se al giorno $g$ mancano $i$ giorni, e $g$ è un giorno $s$ della settimana

la previsione secondo il metodo del pick-up additivo è

$$F_g = PUA_i^s + b_{g,i} \qquad F_{24/11} = PUA_3^{gio} + b_{24/11,3}$$

la previsione secondo il metodo del pick-up moltiplicativo è

$$F_g = PUR_i^s \cdot b_{g,i} \qquad F_{24/11} = PUR_3^{gio} \cdot b_{24/11,3}$$

# Valutazione del forecast

Una volta applicati i diversi modelli, per valutare la qualità del nostro forecasting confrontiamo i risultati della previsione con la domanda effettiva

Ci sono diverse misure di errore che si possono considerare:

- MAE: mean absolute error (errore assoluto medio)
  $\frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n}|F_{g^k} - D_{g^k}|$
- MAPE: mean absolute percentage error (errore assoluto percentuale medio)
  $\frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n}\frac{|F_{g^k} - D_{g^k}|}{D_{g^k}}$
- MSE: mean square error (errore quadratico medio)
  $\frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n}(F_{g^k} - D_{g^k})^2$

# Gestione del prezzo


# Gestione del prezzo

I modelli di pricing ci dicono il prezzo a cui vendere ad ogni segmento in ogni istante temporale, in modo da massimizzare il ricavo

Ci sono due ostacoli di base all'applicazione dei modelli di pricing:

- sono generalmente computazionalmente impegnativi
- si basano su ipotesi non facilmente verificabili

# Ipotesi fondamentale

L'ipotesi fondamentale che si fa nell'applicazione dei modelli di pricing è la conoscenza del modo in cui la domanda risponde a variazioni di prezzo

La domanda a cui dobbiamo rispondere è la seguente:

Ci aspettiamo di ricevere $n$ prenotazioni al prezzo $p$. Quante ce ne aspettiamo se il prezzo sarà $p + 10$? E se sarà $p - 10$? ...

# Modello matematico per il pricing

Essendo $T$ il nostro orizzonte temporale, e $C$ la capacità che abbiamo a disposizione, vogliamo trovare il vettore dei prezzi da applicare in ogni intervallo di tempo $t$ in modo da massimizzare il ricavo

$$\max \quad \sum_{t=1}^{T} \text{ricavo al tempo } t \text{ data la domanda } \mathbf{d}(t)$$

$$\text{tale che} \quad \sum_{t=1}^{T} \text{domanda } \mathbf{d}(t) \leq \text{capacità disponibile}$$

$$\text{domanda } \mathbf{d}(t) \geq 0 \qquad \forall\ t,\ 1 \leq t \leq T$$

sapendo che la domanda è nota una volta fissato il prezzo

# Modello matematico per il pricing

Abbiamo 2 tempi e 2 segmenti, e capacità disponibile 150

# Modello matematico per il pricing

Abbiamo 2 tempi e 2 segmenti, e capacità disponibile 150

Per il segmento 1 : $d_1(t) = 50 - \frac{p_1(t)}{2} + 30t$

# Modello matematico per il pricing

Abbiamo 2 tempi e 2 segmenti, e capacità disponibile 150

Per il segmento 1 : $d_1(t) = 50 - \frac{p_1(t)}{2} + 30t$

$p_1(1) = 100 \rightarrow d_1(1) = 30$ $\quad$ $p_1(1) = 120 \rightarrow d_1(1) = 20$

$p_1(2) = 100 \rightarrow d_1(2) = 60$ $\quad$ $p_1(2) = 120 \rightarrow d_1(2) = 50$

# Modello matematico per il pricing

Abbiamo 2 tempi e 2 segmenti, e capacità disponibile 150

Per il segmento 1 : $d_1(t) = 50 - \frac{p_1(t)}{2} + 30t$

$p_1(1) = 100 \rightarrow d_1(1) = 30$ $\qquad$ $p_1(1) = 120 \rightarrow d_1(1) = 20$

$p_1(2) = 100 \rightarrow d_1(2) = 60$ $\qquad$ $p_1(2) = 120 \rightarrow d_1(2) = 50$

Per il segmento 2 : $d_2(t) = 300 - 2p_2(t) - 40t$

# Modello matematico per il pricing

Abbiamo 2 tempi e 2 segmenti, e capacità disponibile 150

Per il segmento 1 : $d_1(t) = 50 - \frac{p_1(t)}{2} + 30t$

$p_1(1) = 100 \rightarrow d_1(1) = 30$ $\quad$ $p_1(1) = 120 \rightarrow d_1(1) = 20$

$p_1(2) = 100 \rightarrow d_1(2) = 60$ $\quad$ $p_1(2) = 120 \rightarrow d_1(2) = 50$

Per il segmento 2 : $d_2(t) = 300 - 2p_2(t) - 40t$

$p_2(1) = 100 \rightarrow d_2(1) = 60$ $\quad$ $p_2(1) = 120 \rightarrow d_2(1) = 20$

$p_2(2) = 100 \rightarrow d_2(2) = 20$ $\quad$ $p_2(2) = 120 \rightarrow d_2(2) = 0$

# Modello matematico per il pricing

Per il segmento 1 : $d_1(t) = 50 - \frac{p_1(t)}{2} + 30t$
Per il segmento 2 : $d_2(t) = 300 - 2p_2(t) - 40t$

$$\max \quad [p_1(1)\cdot(80 - p_1(1)/2) + p_2(1)\cdot(260 - 2p_2(1))] + $$
$$+ [p_1(2)\cdot(110 - p_1(2)/2) + p_2(2)\cdot(220 - 2p_2(2))]$$

tale che

$$[80 - p_1(1)/2 + 260 - 2p_2(1)] +$$
$$+ [110 - p_1(2)/2 + 220 - 2p_2(2)] \leq 150$$
$$80 - p_1(1)/2 \geq 0, \qquad 260 - 2p_2(1) \geq 0,$$
$$110 - p_1(2)/2 \geq 0, \qquad 220 - 2p_2(2) \geq 0$$

# Modello matematico per il pricing

Per il segmento 1 : $d_1(t) = 50 - \frac{p_1(t)}{2} + 30t$

Per il segmento 2 : $d_2(t) = 300 - 2p_2(t) - 40t$

La soluzione ottima è:

- $p_1(1) = 117 \quad \Rightarrow \quad d_1(1) = 22$
- $p_2(1) = 102 \quad \Rightarrow \quad d_2(1) = 56$
- $p_1(2) = 149 \quad \Rightarrow \quad d_1(2) = 36$
- $p_2(2) = 92 \quad \Rightarrow \quad d_2(2) = 36$

e corrisponde a un ricavo totale di 16.962 euro

# Modello matematico per il pricing

E se avessimo avuto
Per il segmento 1 : $d_1(t) = 60 - \frac{p_1(t)}{2} + 20t$
Per il segmento 2 : $d_2(t) = 320 - 2p_2(t) - 60t$
che prezzi avremmo dovuto fissare?

# Modello matematico per il pricing

E se avessimo avuto
Per il segmento 1 : $d_1(t) = 60 - \frac{p_1(t)}{2} + 20t$
Per il segmento 2 : $d_2(t) = 320 - 2p_2(t) - 60t$
che prezzi avremmo dovuto fissare?

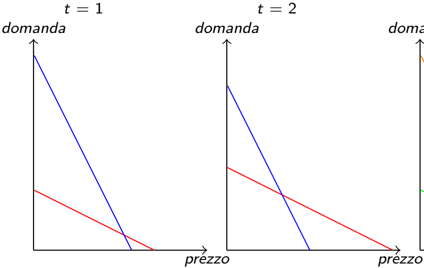
La soluzione ottima è:

- $p_1(1) = 115 \quad \Rightarrow \quad d_1(1) = 23$
- $p_2(1) = 99 \quad \Rightarrow \quad d_2(1) = 62$
- $p_1(2) = 135 \quad \Rightarrow \quad d_1(2) = 33$
- $p_2(2) = 84 \quad \Rightarrow \quad d_2(2) = 32$

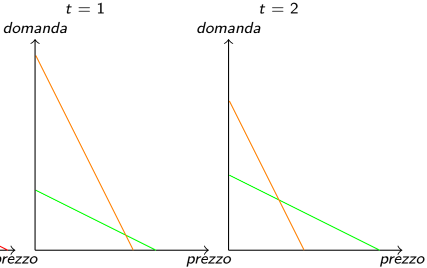
e corrisponde a un ricavo totale di 15.926 euro

# Modello matematico per il pricing

primo esempio




secondo esempio




ricavo con i prezzi giusti $= 16.962$
ricavo con i prezzi imprecisi $=$ tra $14.906$ e $16.436$
perdita $=$ tra $12,12\%$ e $3,10\%$

ricavo con i prezzi giusti $= 15.926$
ricavo con i prezzi imprecisi $= 13.632$
perdita $= 14,40\%$