NUMERO: 637

DATA: 07/10/2013

A P P U N T I

STUDENTE: Creta

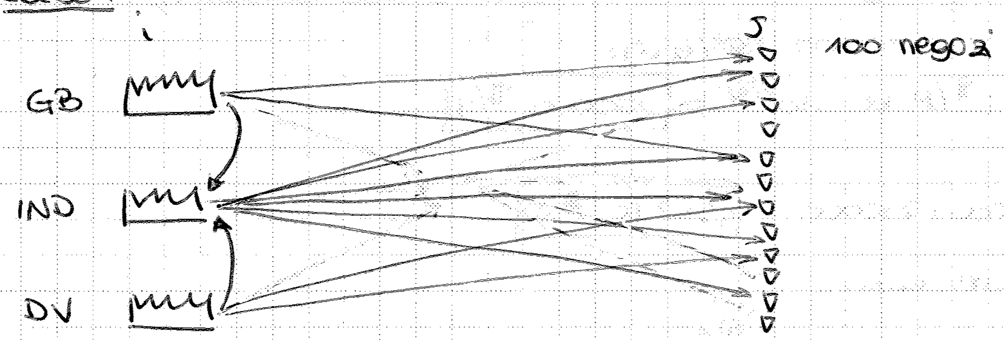
MATERIA: Logistica di Distribuzione + Casi
Prof. Zotteri

LOGISTICA 2.0

- Introduzione: Filiera Distributiva ← variabili, obiettivi, oggetti
- Progettazione Reti
- Previsione della Domanda
- Gestione delle Scorte
  - ↳ deterministici per singolo magazzino (EOQ)
  - ↳ Incertezza per singolo magazzino (NEWSVENDOR)
  - ↳ Incertezza multi-echelon
- Vehicle Routing

RICEVIMENTO STUDENTI su appuntamento. giulio.zotteri@polito.it

Caso 1



GreenBay	Computer	300$	5 libbre
Indianapolis	TV + Monitor	400$	10 libbre
Denver	Consoles	100$	30 libbre

Trucks = 30000 lbs ← saturabili su 3 possibili dimensioni — i camion hanno un costo di 1$/M

Vincoli: TEMPO, PESO, VALORE ← vincolo stringente in questo caso.

In ogni negozio, ogni giorno si ha una domanda di 100 PC, 100 TV, 100 MONITOR, 100 CONSOLES

Tabella delle distanze

	GB	IND	DV
GB	-	400	1100
IND		-	1100
DV			-

distanze simmetriche

$d_{ij} \cong 10^3$ M

in prima approssimazione diremo che ciascun negozio dista da ciascun impianto 1000M → noi conosciamo le distanze esatte ma usiamo l'approssimazione

$h = 0.06\%$ / giorno lavorativo $\quad y = 250g \quad h\% = 15\%/y$ ← COSTO DI MANTENIMENTO DEL CAPITALE

Usa la politica Full Truck Load.

Conviene spedire da ogni impianto in ogni negozio oppure inserire un magazzino centrale?

Ⓐ consegna Diretta Ⓑ magazzino centrale ad Indianapolis

Entrambe full truck load

I costi rilevanti per confrontare i due casi sono:

- COSTI di TRASPORTO: nel caso Ⓑ aumentano perché i camion devono prima andare ad Indianapolis e poi da lì verso i negozi (camion ftl: Ⓐ e Ⓑ usano ESATTAMENTE lo stesso numero di camion!)
- COSTO di MANTENIMENTO: nel caso Ⓐ in ogni negozio avrò scorte più alte, lotti più alti (camion singolo prodotto) mentre nel caso Ⓑ avrò lotti più piccoli (camion misti) ma magazzino in più

Torino, 05 Marzo 2013

STRATEGIA / COSTI	A	B	A_1	B_1
C_{TRASP}	0.688 M\$/y	0.75 M\$/y ↑	2,42 M\$ ↑	1,85 M\$ ↓
C_{MANT}	23,4 M\$/y	5,25 M\$/y ↓	2,42 M\$ ↓	1,59 M\$ ↓
C_{TOT}	28,9 M\$/y	5,7 M\$/y ↓	4,83 M\$ ↓	3.44 M\$ ↓

(3)

$$C_{TR,TOT} = C_{TR}^{GB \to IN} + C_{TR}^{DV \to IN} + C_{TR}^{I \to NEG}$$

$$C_{TR}^{GB \to IN} = 41,67 \text{ camion}/y \cdot 400 M \cdot 1 \$/M \cdot \text{cam} = 16668 \$/y = 16 k\$/y$$

$$C_{TR}^{D \to IN} = 250 \ tr/y \cdot 1100 M \cdot 1 \$/M \cdot tr = 275 k\$/y$$

$$lbs_{TOT} = lbs_{GB} + lbs_{IN} + lbs_{DV} = 1,25 M + 7,5 M + 5 M = 13,75 \ Mlbs/y$$

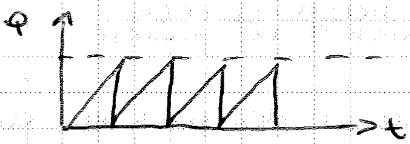
$$\frac{13,75 \ Mlbs/y}{30000 \ lbs/tr} = 458,33 \ t/y$$

$$C_{TR} = 1000 \$/tr \cdot 458,33 \ t/y = 458 \ k\$/y$$

conto evitabile perchè è lo stesso $C_{TR}^{(A)}$! Perchè i volumi trasportati da Ind ai negozi sono ESATTAMENTE gli stessi di prima.

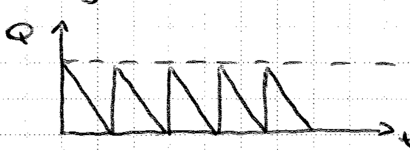
$$C_{TR}^{B} = 16 \ k\$/y + 275 \ k\$/y + 458 \ k\$/y = \boxed{0.75 \ M\$/y} > C_{TR}^{(A)}$$

$C_{MANT}^{(B)}$. Da GB la merce entra continuativamente ed esce a lotti. Così come a Denver



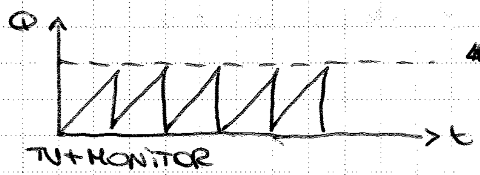
$Q_{GB}^{OUT} = 6000$ unità $\quad Q_{DV}^{OUT} = 4000$ unità

Nei negozi la merce entra a lotti ed esce continuativamente.



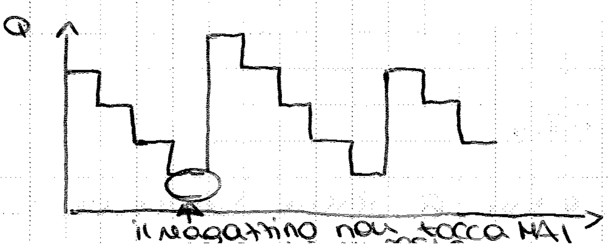
$Q_{3,i}$ = lotto in entrata per ogni negozio.

Al magazzino centrale di Indianapolis la merce che arriva da GB e DV entra a lotti ed esce a lotti, mentre la merce che arriva da IND entra continuativamente ed esce a lotti.



NO! il lotto in uscita da IND è il lotto di ingresso nei negozi, con tutti e 4 i prodotti

TV+MONITOR



il magazzino non tocca MAI

Nei primi 3 grafici la giacenza media è $\frac{Q}{2}$ poichè è nota la dimensione del lotto Q.

In questo caso la giacenza media dipende dal lotto in ingresso Q_{IN} e dal lotto in uscita Q_{OUT}

Perché i $C_{MAN}^{(B)}$ scendono rispetto a quelli di (A) ad $\frac{1}{5}$ e non ad $\frac{1}{3}$?

→ Perché i prodotti sono COMPLEMENTARI. Le consoles pesano tanto e costano poco, aiutano a saturare i camion permettendo così ai prodotti di più valore, di aumentarne la frequenza diminuendo il valore di giacenza.

Prima: $600 \times 300 = 18$ K\$

Ora: $545{,}4 \times 300 = 163$ K\$

Un modo per migliorare ancora la soluzione andando ad incidere sul costo principale ⇒ AUMENTO la FREQUENZA dei VIAGGI (aumento un costo irrisorio a fronte di uno critico) = viaggio con camion non saturi: LESS THEN FULL TRUCK LOAD. Rimuovo il vincolo dei camion pieni.
Studiamo le soluzioni A_1 (= non centralizzato LTFTL) e B_1 (centralizzato LTFTL). Mi aspetto che A_1 sia meglio di A → ho rimosso un vincolo.

(A1) Più il camion è vuoto più faccio viaggi meno grande sarà il lotto.
→ uso l'EOQ: devo trovare la Q^* per cui il C_{TOT} (= $C_{TR} + C_{MAN}$) sia minimo. Però l'EOQ vale per un solo magazzino devo adattarlo ad un sistema di magazzini.

GB:

$C_{TOT}^{PC} = C_{TR}^{PC} + C_{MAN}^{PC}$ da esprimere in funzione di Q.

C_{TR}^{PC}: $\frac{d_{TOT}}{Q}$ = num di camion che viaggiano da GB ai negozi

$d_{TOT} = 10$ pz/g·n $\cdot 250$ g/y $\cdot 100$ n $= 250000$ pz/y

$\frac{d_{TOT}}{Q}$ camion/anno $\cdot A$ ← costo di un camion

$A = 1$ \$/M $\cdot 1000$ M/tr $= 1000$ \$/tr

$C_{TR} = \frac{d}{Q} A$

$C_{MAN} = \frac{Q}{2}$ = giacenza media in ciascun punto del sistema. (= 100 negozi + 1 stabilimento)

$h = h\% \times$ costo unitario $= 15\%/y \cdot 300$ \$ $= 45$ \$/y

$C_{MAN} = \frac{Q}{2} \cdot h \cdot (n+1)$ $\qquad C_{TOT} = \frac{d_n \cdot n}{Q} A + \frac{Q}{2} h(n+1)$

$$\frac{\partial C_{TOT}}{\partial Q} = -\frac{1}{Q^2} \cdot d \times n \times A + \frac{1}{2} h(n+1) = 0$$

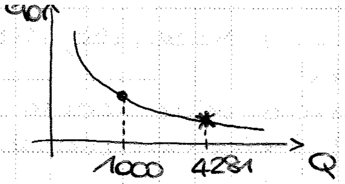
$$\rightarrow Q^* = \sqrt{\frac{2ndA}{h(n+1)}}$$

$$Q_{PC}^* = \sqrt{\frac{2 \cdot 100 \times 10 \times 250 \times 1000}{101 \cdot 45}} = 331{,}7 \text{ pz}$$

perché trasportiamo 20 volte meno di 6000?
→ perché per questo prodotto in particolare il costo di mantenimento è molto alto (ha un grande valore e pesa poco)

le caratteristiche del prodotto tendono a lasciare il camion vuoto.

FUNZIONE di COSTO:



* poiché non posso trasportare Q^* i C_R e i C_{MAN} non saranno simmetrici

$$C_{TOT}^{DV} = \frac{d}{Q_D} \cdot A + \frac{Q_D}{2} \cdot h = \frac{10 \cdot 250 \cdot 100}{1000} \cdot 1100 + \frac{1000}{2} \cdot (0.15 \times 100) \cdot 2 =$$

$$= \underline{275\ k\$} + \underline{15k\$} = \boxed{290\ k\$}$$

C_{MANT}: Abbiamo 4 prodotti da consegnare INDIVISIBILMENTE ai 100 negozi. → creo bundle contenenti 1PC, 1TV, 1MONITOR, 1 CONSOLE = ogni negozio riceverà 4 bundle. In 1 bundle ho: 10pc, 10tv, 10monitor, 10 consoles.

$$C_{TOT} = \frac{Ad}{Q_B} \cdot 400 + h \frac{Q_B}{2}(100+1)$$

$$Q_{BOTT} = \sqrt{\frac{2Ad \cdot 100}{h \cdot 101}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1000 \cdot (1 \times 250) \cdot 100}{1800 \cdot 101}} = 16{,}58\ pz$$

$$h = 0.15(10 \times 300 + 10 \times 400 + 10 \times 400 + 10 \times 100) = 0.15 \times 12000$$

$$C_{TOT}^{B} = 1000 \frac{1 \times 250}{16{,}58} \cdot 100 + \frac{16{,}58}{2} \cdot 101 \cdot 1800 = \underline{1{,}51 M\$} + \underline{1{,}51 M\$} = \boxed{3{,}02\ M\$}$$

$$C_{TRASP}^{TOT} = 67 k\$ + 275 k\$ + 1{,}51 M\$ = \boxed{1{,}85\ M\$}$$

$$C_{MANT}^{TOT} = 67 k\$ + 15 k\$ + 1{,}51 M\$ = \boxed{1{,}59\ M\$}$$

$$= 1{,}85 + 1{,}59 = 3{,}44\ M\$$$

CONCLUSIONI:

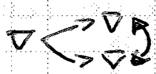
Strategia / costi	A	B	A_1	B_1
centralizzata	NO	SI	NO	SI
FTL	SI	SI	NO	NO *
C_{TRASP}	0,458 M\$	0,75 M\$	2,42 M\$	1,85 M\$
C_{MANT}	23,4 M\$	5,25 M\$	2,42 M\$	1,59 M\$
C_{TOT}	23,9 M\$	6 M\$	4,84 M\$	3,44 M\$

* trasportare aria non sempre è sconveniente, può servire a dare frequenza ai prodotti a più alto valore

FARE: CALCOLI nel CASO di CAMION FASATI: i C_{TRASP} non cambiano perché la quantità di merce da trasportare è sempre la stessa, cambiano i C_{MANT} perché cambiano le quantità (sono più alte) da tenere a magazzino.

Conclusioni: PUÒ essere conveniente avere magazzini intermedi → generano dei costi ma creano dei servizi.

sempre più spesso, a fronte di un flusso di prodotti finiti che viaggiano da valle verso monte c'è un flusso di ricambi, rifiuti, pezzi in scadenza che, torna indietro da valle verso monte.
Ci sono anche flussi orizzontali (spedizioni tra negozi retail) = fra punti appartenenti allo stesso livello della filiera (casi Zara e A Tale Of...)



- Fattori di competizione: → tutto ciò che permette all'azienda di avere successo. Questi fattori sono oltre al costo (vedremo dopo);
  - QUALITÀ del PRODOTTO OFFERTO: → conformità: conforme al suo standard.
    → target: qualità del prodotto come è stato progettato.
  - QUALITÀ dei SERVIZI EROGATI con i PRODOTTI. es. assistenza, parti di ricambio,...
  - DELIVERY LEAD TIME (DLT) = tempo di consegna al cliente misurato dal momento in cui il cliente ordina un prodotto a quando questo gli viene consegnato. Il DLT dipende dai LT del fornitore + dalle politiche di stock del fornitore → possono non far percepire al cliente finale LT anche lunghi (es. caffè: LT lunghi di preparazione / trasformazione / trasporto DLT nel supermercato nullo). È più difficile gestire scorte in caso di DLT ≠ 0 perché sapere con anticipo la domanda futura gestisce meglio le incertezze → ho maggiori info ma non so come gestire questa informazione aggiuntiva
  - ASSORTIMENTO = insieme dei prodotti che l'azienda decide di gestire. Spesso l'assortimento guida il comportamento dei clienti: più un negozio ha roba più mi attira, credo sia più possibile trovare ciò che cerco (es. rosselli)
    Vi è un legame tra assortimento e dlt: posso scegliere assortimenti diversi con dlt diversi → offro dlt bassi su un sotto insieme del mio assortimento (i prodotti più richiesti)
    → offro dlt alti su un altro sotto insieme (prodotti meno richiesti).
  - FLESSIBILITÀ = capacità di adattarsi con tempi e costi bassi. È una scelta multidimensionale → ho diversi tipi di flessibilità.
    * di PRODOTTO: capacità di offrire prodotti diversi e customizzati rispetto ai bisogni del cliente
    * di INNOVAZIONE al PRODOTTO: non percepito direttamente dal cliente, è la capacità della filiera senza extra costi ed extra tempi, di riuscire a gestire prodotti inizialmente non programmati.
    * di VOLUME: capacità dell'azienda di gestire variazioni di volume non prevista.

Torino, 12 Marzo 2013

La flessibilità di volume è ottenibile tramite
- SLACK RESOURCES = ho risorse in più che solitamente non uso e uso solo con picchi di domanda
- FLEX RESOURCES = avere risorse flessibili, personale molto disposto a fare straordinari
- PIANIFICAZIONE = gestire i picchi preparando ad esempio, scorte → devo prevedere i picchi.

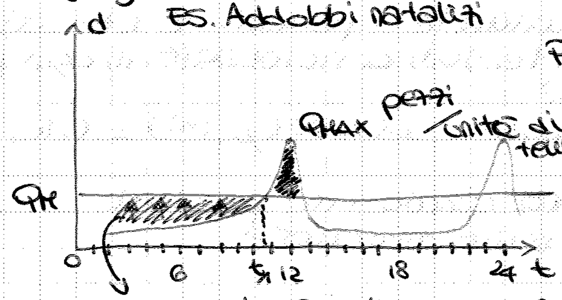
* di MIX: capacità dell'azienda di adattarsi ai cambiamenti del mix della domanda.

- COSTI = economicamente i costi fissi sono i costi che un'azienda sopporta indipendentemente dal volume produttivo; che non dipendono dal periodo indipendentemente dalle decisioni prese in quel periodo. Irrilevanti nel BP.
  Per noi i CF saranno costi che l'azienda sopporta quando decide di fare qualcosa indipendentemente da quanto facciamo qualcosa (es. da quanto produco, ordino, trasporto...)

SCORTE SPECULATIVE: scorte che si creano all'interno dell'azienda perché prevede un determinato andamento delle materie prime. Compra più scorte del necessario nel momento in cui questi hanno un prezzo favorevole → investimento per il futuro fisso i costi ma anche i RICAVI (= l'azienda fissa il prezzo del prodotto in base al suo costo per produrlo)
Funzione: ☺ Approfitto delle buone condizioni del mercato
☺ Fisso il prezzo del mio prodotto.

SCORTE di PIPELINE o in TRANSIT: esistono solo perché esistono i LT. Se un processo ha bisogno di tempo esisteranno queste scorte.
ES. LT = 1 mese dalla Cina all'Italia ho scorte nei container e non dipendono dalle politiche di lottizzazione, dipendono solo dal LT di consegna e dalla quantità venduta (o domandata).
Funzione: ☺ diminuisce i costi di trasporto
per ridurle: – diminuisco la domanda → male
– diminuisco i LT = uso aerei al posto delle navi, non va bene per tutti i prodotti

SCORTE STAGIONALI: legate al fatto che c'è una domanda stagionale al fronte della quale non c'è una produzione altrettanto stagionale.
ES. Addobbi natalizi



Possibilità:
① Dotarci di impianti che producono Q_{MAX}
② Impianti che lavorano a $q < Q_{MAX}$ e accumulano scorte

Q_{MEDIA}

accumulo scorte che userò per servire il picco
Funzione: ☺ Soddisfacimento della domanda
☺ risparmio investimenti in capacità produttiva → impianti più piccoli che producono meno di Q_{MAX}

Quanto sarà grande il mio magazzino? Faccio l'integrale nel tempo (durante l'anno) della capacità produttiva - domanda

$$\int_0^{360} \underbrace{cp - d}_{\text{quello che accumuliamo}} \qquad \text{se } cp = \bar{d} \qquad \int_0^{360} \bar{d} - d = 0 \Rightarrow \text{non va bene}$$

• Facciamo l'integrale lungo il periodo di accumulo

$$\int_0^{t_1} cp - d$$

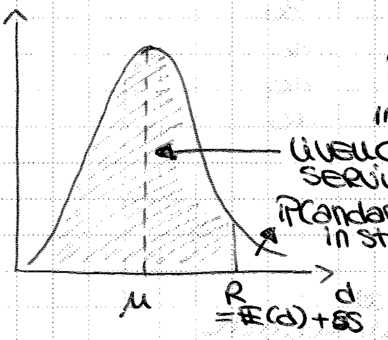
· se $cp = \bar{d}$ AREA = AREA
l'impianto deve lavorare a capacità massima tutto l'anno
· se $\bar{d} < cp < d_{MAX}$ non sempre l'impianto lavorerà a capacità massima. La formula non va bene. Invece di calcolare l'accumulo calcolo il bisogno che io ho del prodotto

Bisogno = volume di scorte di cui io avrò bisogno in t_1

$$\left| \int_0^{t_1} d_{MAX} - cp_{nel\,picco} \right|$$

Quanto vale ss? Quanto in più devo tenere a magazzino?
→ Dobbiamo studiare la SORGENTE della VARIABILITÀ = la distribuzione della domanda nel LT.

8



$\mathbb{P}(d \leq R = \mathbb{E}(d_{LT}) + ss)$

Supponiamo un livello di servizio pari al 90% e $d_{LT} = N(20,4)$ quante ss devo mettere nel mio sistema?
⇒ standardizzo la domanda e trovo il quantile per cui vale la probabilità pe di avere un servizio pari al 90%.

→ $\frac{d_{LT} - \mu_{LT}}{\sigma_{LT}}$ = normale standard $= N(0,1)$ ⇒ $\mathbb{P}\left(\frac{d_{LT}-\mu_{LT}}{\sigma_{LT}} \leq z\right) = 90\%$

TABELLE della z

→ $\mathbb{P}(d_{LT} - \mu_{LT} \leq z\sigma_{LT}) = 90\%$
→ $\mathbb{P}(d_{LT} \leq \underbrace{z\sigma_{LT} + \mu_{LT}}_{R}) = 90\%$

scelgo $R = \mu_{LT} + z\sigma_{LT}$ e in 90 casi su 100 la d_{LT} sarà minore di R. Dove z è il livello di servizio.

$$\boxed{R = \mu_{LT} + \underbrace{z\,\sigma_{LT}}_{\text{SCORTA DI SICUREZZA}}}$$

SCORTA DI SICUREZZA: dipendono da ① Quanto è incerta la d_{LT} (σ_{LT})
② Livello di servizio che si vuole offrire (z)

Funzione: ① In condizioni di incertezza, permettono di offrire un servizio ai clienti

Modi alternativi per avere un servizio riducendo il bisogno di ss?
1. Diminuire la variabilità della domanda ES. EDLP di WallMart
(2. Ridurre il livello di servizio ai clienti ← non molto bene)
3. Prevedere meglio la domanda futura
4. Ridurre il LT = devo coprire l'incertezza legata ad un tempo minore, una minore incertezza.

Supponiamo di aver scelto R con delle scorte di sicurezza, molto poco spesso avrò una d > R, andrò molte poche volte in stockout (nel caso di prima solo il 10% delle volte).
Quanta merce avrò in media a magazzino? Prima in media a magazzino avevo zero, ora in media a magazzino avrò ss.
Perché? $R = \mu_{LT} + ss$, nel LT consumo μ_{LT} ⇒ mi avanza ss
→ se tutto va sempre come previsto le ss non vengono mai toccate.
se guardo i costi del sistema, nel modello (Q,R)
$C_T^* = \sqrt{2Adh}$ devo aggiungere i costi legati al mantenimento delle ss

$$\boxed{C_{TOT} = \sqrt{2Adh} + h\,z\,\sigma_{LT}}$$

Esempio p. 32

Azienda assemble to order.
Prodotti Finiti: A1, A2, A3 formati da 5 componenti: c_1, c_2 = comuni; c_3, c_4, c_5 = specifici

G_{ij} = distinta base:

	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5
A_1	1	1	1	0	0
A_2	1	1	0	1	0
A_3	1	1	0	0	1

Torino, 18 Marzo 2013

Piuttosto che comparare SOLUZIONI stavamo comparando SITUAZIONI (la prima domanda certa, la seconda domanda incerta). Per comparare le due soluzioni dovrei adattare la soluzione del modello con domanda certa allo stesso valore di incertezza della seconda situazione.

Ora, partendo dalle quantità assegnate, dobbiamo scrivere un modello per lo scenario da assemblaggio da adottare in base allo scenario che si presenta:

$$\left.\begin{array}{l} x_1 = 116.67 \\ x_2 = 116.67 \\ x_3 = 26.67 \\ x_4 = 0 \\ x_5 = 90 \end{array}\right\} \rightarrow \text{FO.} \quad \max \sum_{sj} \pi^s p_j y_j^s - \sum_i c_i x_i$$

→ poiché le x_i sono date, è una COSTANTE e si può omettere trasformando il $\mathbb{E}(8(\pi))$ nel $\mathbb{E}(8(R))$

$$\text{st} \quad \sum_j G_{ij} y_{ij}^s \le x_i \quad \forall i, s$$

$$y_j^s \le d_j^s \quad \forall j, s$$

Da questo modello viene fuori una soluzione di questo tipo:

- s_1 $\quad y_1^1 = 26.67 \quad y_2^1 = 0 \quad y_3^1 = 90$ uso tutti i componenti e faccio al massimo il prodotto più profittevole

  $\pi^1 = 3233$ → s_1 dà la stessa soluzione di prima

- s_2 $\quad y_1^2 = 26.67 \quad y_2^2 = 0 \quad y_3^2 = 90 \quad \pi^2 = 3233$

- s_3 $\quad y_1^3 = 26.67 \quad y_2^3 = 0 \quad y_3^3 = 60$ → il profitto scende! $\pi^3 =$ [illegible]

  ↑ x_3 è solo 26.67 ; ↑ x_4 è 0 ; ↑ produco 60 e non 90 perché 60 è la d_{max}

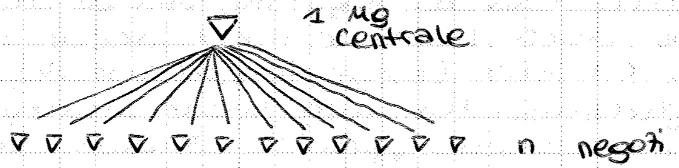
il π scende perché butto 30 componenti di y_3, $30 x_2 = 30 \cdot 50 = 1500$ perdite

$\mathbb{E}(\pi) = 2333$ è il valore atteso del profitto di tutti e tre gli scenari.

Posticipare alcune decisioni aiuta a gestire meglio l'incertezza della domanda (CASO HP).

In questo modello il tempo non esiste, stiamo producendo per un singolo periodo ma abbiamo 2 stadi decisionali →[1] produzione dei componenti a cui segue un'info aggiuntiva che serve per prendere la seconda decisione →[2] il piano di assemblaggio

- Inventory Deployment = scelta di DOVE andare a mettere le scorte all'interno della nostra filiera.



Consideriamo le scorte di sicurezza. Ne devo tenere di più se le tengo nel magazzino centrale o se le tengo nei singoli negozi?

L'incertezza che vedo nel magazzino centrale è minore (eventuali eccessi di domanda in un negozio si compensano con eventuali domande basse in un altro negozio) ☺

I clienti devono essere disposti ad aspettare ☹

La scorta a monte è più fungibile ☺

A seconda di come decido di consegnare decido dove allocare i magazzini.

• Approcci Decisionali   Push e Pull non c'entrano nulla con MTO e MTS

COSA PRODUCO?   Push   vs   Pull

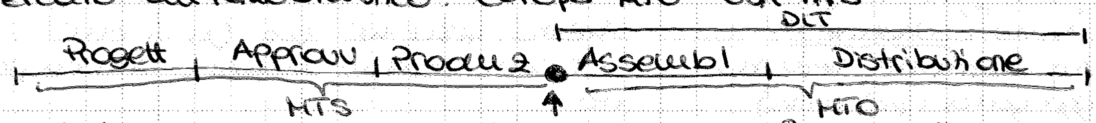
Push	Pull
è basata su un piano a sua volta basato su una previsione	la stazione a valle è direttamente influenzata da quella a monte.

Sono attributi per gestire attività diverse che possono coesistere in un sistema produttivo. La Previsione gioca un ruolo fondamentale.

PER CHI PRODUCO   MTO   vs   MTS

MTO	MTS
produzione guidata da ordini già acquisiti	produzione che verrà versata a magazzino dove il cliente pescherà il suo ordine.

Mercato automobilistico: Europa MTO USA MTS



Qual è il tempo dedicato ad ogni attività? Qual è il DLT del cliente?

Order Decoupling Point = punto di disaccoppiamento dell'ordine

ES Ristoranti:

			Fast Food
Progettazione = Menù	MTS		MTS
Approvvigionamento	MTS		MTS
Produzione	MTO		MTS
Assemblaggio	MTO		MTS
Distribuzione	MTO		MTO

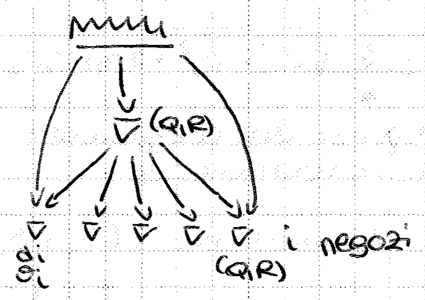
Progettazione di reti logistiche e trasporto   CAPITOLO 2

Network Design

supponiamo la domanda come data, supponiamo che le nostre decisioni di progettazione non influenzino la domanda (cosa non vera in caso di negozi)

$$z(LS)_A = z(LS)_B$$

$$COSTO = \sqrt{2Adh} + h\,z(LS)\,\sigma_{DLT}$$



Ⓐ

con consegne dirette e scorte tenute nei singoli negozi, abbiamo un network costituito da n negozi che funzionano indipendentemente l'uno dall'altro.

→ ciascun negozio avrà un costo indipendente dagli altri $c_i = \sqrt{2Ad_ih} + h\,z(LS)\,\sigma_{i\,DLT}$

$$\rightarrow C_{OT} = \sum_i c_i = \sum_i^n \sqrt{2Ad_ih} + \sum_i^n h\,z(LS)\,\sigma_i$$

$$= \sqrt{2Ah}\sum_i^n \sqrt{d_i} + h\,z(LS)\sum_i^n \sigma_i$$

COSTO DI TENERE SCORTE SOLO NEI MG PERIFERICI E CONSEGNE DIRETTE

Ⓑ

Se tengo le scorte in un magazzino centrale con logica (Q,R) la funzione di costo sarà sempre

$$C = \sqrt{2Adh} + h\,z(LS)\,\sigma_{DLT}$$

ora però $\tilde{d} = \sum_i^n d_i$ perché nel magazzino centrale il consumo di merce visto è pari al consumo di merce in tutti i negozi

Per cui

$$C = \sqrt{2A\tilde{d}h} + h\,z(LS)\,\tilde{\sigma}$$

$\tilde{\sigma}$ = incertezza della d vista dal magazzino centrale

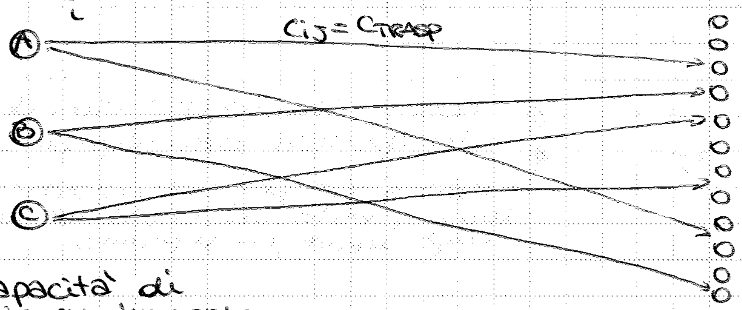
$$\tilde{\sigma}^2 = \sum \sigma_i^2$$

dipende da n, da σ_i e da ρ_{ij} → non c'è nel nostro caso. d indipendent

Modelli di Ottimizzazione

① Problema del Trasporto

sorgenti → impianti i destinazioni → negozi J



d_J

R_i = capacità di ciascun impianto

x_{iJ} = quantità trasportata da i a J

FO $\min \sum_i \sum_J c_{iJ} x_{iJ}$ (= COSTO/TEMPO) dimensionalmente COSTO/UNITÀ · UNITÀ/TEMPO = COSTO/TEMPO

st $\sum_i x_{iJ} \geq d_J \quad \forall J$ → la FO trasforma il ≥ in un = ← non conviene produrre più della domanda

$\sum_J x_{iJ} \leq R_i$ (→ PEZZI/TEMPO) $\quad \forall i$

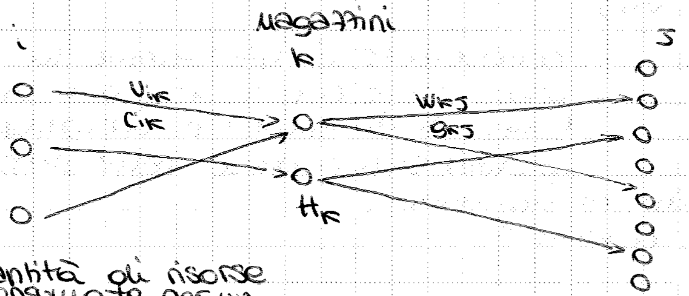
$x_{iJ} \geq 0 \quad \forall i, J$

② Problema del Flusso a Costo Minimo

kg per prodotti pesanti
m³ per prodotti leggeri

e = prodotti

R_i
p_{ie}



r_{ie} = quantità di risorse consumate per un pezzo e nell'impianto i

- d_{Je} = domanda per e in J
- v_{ik} = qtà trasportabile da i a k
- w_{kJ} = qtà trasportabile da k a J
- H_k = max flusso in m^3 per k
- v_e = volume in m^3 per e
- c_{ik} = costo di trasporto da i a k
- g_{kJ} = costo di trasporto da k a J
- p_{ie} = costo di produzione di un pezzo di e presso l'impianto i.

FO: minimizzo i costi di PRODUZIONE e i due costi di TRASPORTO (da i a k e da k a J)

VARIABILI DECISIONALI:
- x_{ike} = qtà di e prodotta trasportata da i a k
- y_{kJe} = qtà di e trasportata da k a J

VOLUME GENERATO da un PRODOTTO e che viaggia da i a k

FO $\min \sum_i \sum_e \sum_k (p_{ie} \cdot x_{ike} + c_{ik} v_e x_{ike}) + \sum_k \sum_J \sum_e y_{kJe} \cdot v_e \cdot g_{kJe}$

st. $\sum_e \sum_k x_{ike} \cdot r_{ie} \leq R_i$ (← ore/unità di tempo) $\quad \forall i$ non sommo su i perché la capacità R_i è TOTALE per tutti gli impianti.

$\sum_k y_{kJe} \geq d_{Je} \quad \forall J, e$ scrivessi ≤ le y_{kJe} andrebbero a 0 → non soddisfo la domanda!

$\sum_e x_{ike} v_e \leq v_{ik} \quad \forall i, k$

$\sum_e y_{kJe} v_e \leq w_{Jk} \quad \forall J, k$

$\sum_i \sum_e x_{ike} v_e \leq H_k \quad \forall k$

EQUAZIONE di BILANCIO → $\sum_i x_{ike} \geq \sum_J y_{kJe} \quad \forall k, e$ ← SENZA QUESTO VINCOLO le x sarebbero a zero!

$x_{ike} \geq 0 \quad \forall i, k, e$

$y_{kJe} \geq 0 \quad \forall k, J, e$

Torino, 20 Marzo 2013

stessa unità di misura di x_{ij}: pezzi / unità di tempo

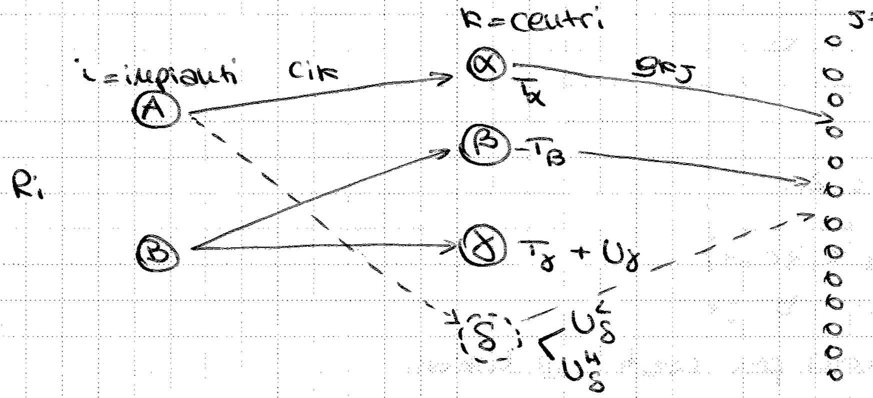
FO. $\min \sum_i g_i y_i + \sum_i \sum_j \sum_s \pi^s x_{ij}^s c_{ij} + \sum_j \sum_s \pi^s z_j^s \beta_j$

st. $\sum_i x_{ij}^s + z_j^s = d_j^s \quad \forall j, s$

$\sum_j x_{ij}^s \le R_i y_i \quad \forall i, s$

$x_{ij}^s \ge 0 \quad \forall i, j, s \quad y_i \in \{0,1\} \ \forall i \quad z_j^s \ge 0 \quad \forall j, s$

④ Rilocalizzazione ed Espansione della capacità dei centri di distribuzione



d_j = domanda

r_k = risparmio nel chiuder $k = \alpha, \beta$

q_γ = costo ampliamento γ

q_δ^H, q_δ^L = costo apertura δ

FO.
- costi di trasporto
- costo ampliamento γ
- costo apertura δ
- risparmio chiusura $k = \alpha, \beta$

VARIABILI:
- x_{ik}
- y_{jk}
- $z_k <^0_1 \quad k = \alpha, \beta$
- $s_\delta^H, s_\delta^L <^0_1$
- $w_\gamma <^0_1$

1 = magazzino aperto, 0 = chiu

FO. $\min \sum_i \sum_k x_{ik} c_{ik} + \sum_k \sum_j y_{kj} g_{kj} + q_\gamma w_\gamma + q_\delta^H s_\delta^H + q_\delta^L s_\delta^L - (1 - z_\alpha) r_\alpha - (1 - z_\beta) r_\beta$

st. $\sum_k y_{kj} \ge d_j \quad \forall j$

$\sum_k x_{ik} \le R_i \quad \forall i$

$\sum_i x_{ik} \le T_k z_k \quad k = \alpha, \beta$

$\sum_i x_{ik} = \sum_j y_{kj} \quad \forall k$

$\sum_i x_{i\gamma} \le T_\gamma + U_\gamma w_\gamma$

$\sum_i x_{i\delta} \le U_\delta^L s_\delta^L + U_\delta^H s_\delta^H$

$s_\delta^L + s_\delta^H \le 1$

$s_\delta^L + s_\delta^H + z_\alpha + z_\beta \le 2$

$x_{ik} \ge 0 \quad \forall i, k \quad y_{kj} \ge 0 \quad \forall j, k$

$w_\gamma \in \{0,1\} \quad s_\delta^H \in \{0,1\} \quad s_\delta^L \in \{0,1\} \quad z_k \in \{0,1\} \ k = \alpha, \beta$

ERRORE:

$\sum x_{i\delta} \le U_\delta^L s_\delta^L$

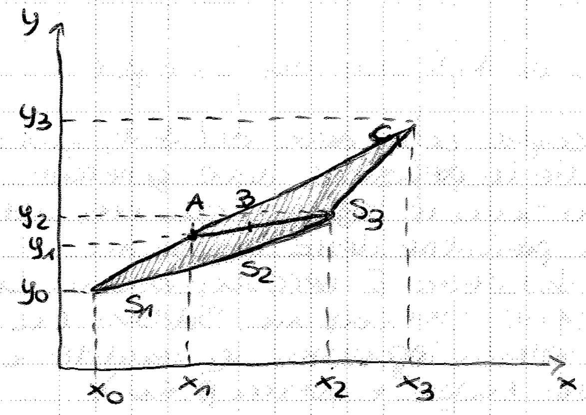
$\sum x_{i\delta} \le U_\delta^H s_\delta^H$

perché solo una delle due s può essere ad 1, l'altra sarà necessariamente a 0 → i vincoli si contraddicono, uno mi dice che le $x_{i\delta}$ devono essere minori di un numero (la U) mentre l'altro dice che $x_{i\delta}$ deve essere uguale a 0! le x vanno SEMPRE a zero!

④.1 con più scenari di domanda:
- d_j^s = domanda in j nello scenario s
- π^s = probabilità di s
- x_{ik}^s, y_{kj}^s

nel caso di scenari di costo: c_{ik}^s g_{kj}^s
- x^s y^s

$y = y_0\lambda_0 + y_1\lambda_1$
$x = x_0\lambda_0 + x_1\lambda_1$
$\lambda_0 + \lambda_1 = 1$



$y = \sum_{i=0}^{3} \lambda_i y_i$
$x = \sum_{i=0}^{3} \lambda_i x_i$
$\sum_{i=0}^{3} \lambda_i = 1$
$0 \le \lambda_i \le 1 \ \forall i$

Però questa modellizzazione ha un problem

set (A)
$\lambda_0=0 \ \lambda_1=1, \ \lambda_2=0 \ \lambda_3=0$
set (B)
$\lambda_0=0 \ \lambda_1=0.5 \ \lambda_2=0.5 \ \lambda_3=0$
set (C)
$\lambda_0=0 \ \lambda_1=0 \ \lambda_2=0.3 \ \lambda_3=0.7$

il difetto è che potrei anche trovare pesi di questo tipo:
$\lambda_0=0.5 \ \lambda_1=0 \ \lambda_2=0.5 \ \lambda_3=0$
QUESTO PUNTO (D) non sta sulla spezzata

Con le λ modellizzate in questo modo posso generare punti che non appartengono alla spezzata ma cadono nell'area.
⇒ Devo forzare il modello in modo che si accendano 2 λ consecutivi e gli altri porli a zero ⇒ variabili booleane.
si accende il segmento 1 S_1 o il segmento 2 S_2 o il segmento 3 S_3
S_1 → si accendono λ_0 e λ_1
S_2 → si accendono λ_1 e λ_2
S_3 → si accendono λ_2 e λ_3
Per cui il modello diventa:

$$y = \sum_{i=0}^{3} y_i\lambda_i \qquad \lambda_0 \le S_1$$
$$x = \sum_{i=0}^{3} x_i\lambda_i \qquad \lambda_1 \le S_1 + S_2$$
$$\sum_{i=0}^{3} \lambda_i = 1 \qquad \lambda_2 \le S_2 + S_3$$
$$\qquad \lambda_3 \le S_3$$
$$\sum_{i=1}^{3} S_i = 1 \qquad S_i \in \{0,1\} \ \forall i$$
$$0 \le \lambda_i \le 1 \ \forall i$$

Metodi di Previsione CAPITOLO 3

Se il DLT del cliente fosse sufficientemente lungo, la previsione sarebbe inutile, però così non è → dobbiamo capire QUANTO sono pazienti i nostri clienti per capire quali attività fare prima della ricezione dell'ordine.
- OGGETTO della PREVISIONE: l'ho completamente definito quando definisco le caratteristiche base dell'oggetto. Nel nostro caso la domanda ⇒
1. TIME BUCKET = quanto di tempo, modo di leggere la domanda
2. ORIZZONTE di PREVISIONE
3. FREQUENZA con cui AGGIORNO le PREVISIONI
4. PRODOTTO per il quale si fa la previsione
5. MERCATO al quale facciamo riferimento.

La previsione non è altro che uno strumento per migliorare le nostre decisioni; la previsione ci serve solo per prendere decisioni.

Torino, 25 Marzo 2013

quando la previsione non serve per prendere decisioni migliori questa previsione è inutile. La previsione è connessa con un'azione di decisione. La previsione deve essere di un livello coerente con la decisione da prendere (non va bene prevedere per aggregati di prodotti, per l'intero network di negozi per l'intera durata di una promozione se la decisione da prendere è sul singolo prodotto da mandare in uno specifico negozio ogni 4 giorni)

$$ME = \sum_{t=1}^{n} \frac{y_t}{N} - \sum_{t=1} \frac{F_t}{N} = \bar{y} - \bar{F}$$

Guardando solo la serie storica preferirei il previsore 1 mentre il ME dice di scegliere il p2! Ciò perché il ME misura la DEVIATEZZA della previsione (dice se siamo pessimisti o ottimisti) e non l'ACCURATEZZA della previsione. Dice se, in media, siamo sopra o sotto alla domanda → errori positivi e negativi si cancellano!

Mean Absolute Deviation

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

MAD è un indicatore di ACCURATEZZA (il previsore è preciso o no).

ES di prima, calcoliamo il MAD

$$MAD_1 = \frac{1}{6}(1+1+1+1+1+1) = \frac{1}{6}\cdot 6 = 1$$

$$MAD_2 = \frac{1}{6}(0+10+30+30+5+5) = \frac{1}{6}\cdot 80 = 13,3$$

È più coerente con la nostra intuizione, p1 è migliore di p2.

Cosa fare quando abbiamo un previsore accurato ma deviato e uno non accurato ma non deviato? Chi è migliore? Nessuno dei due!
Una buona previsione deve essere accurata e non deviata.
È più facile aggiustare previsioni affette da deviatezza

Root Mean Squared Error

$$\boxed{RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{n} e_t^2}{n}}}$$

RMSE è un indicatore di ACCURATEZZA

$$RMSE_1 = \sqrt{\frac{1}{6}\cdot(1^2+1^2+1^2+1^2+1^2+1^2)} = \sqrt{\frac{1}{6}\cdot 6} = 1$$

$$RMSE_2 = \sqrt{\frac{1}{6}(0^2+10^2+30^2+30^2+5^2+5^2)} = \sqrt{\frac{1}{6}\cdot 1950} = \sqrt{325} = 18,02$$

Coerentemente con il MAD, RMSE dice che p1 è più accurato di p2.

Differenze tra RMSE e MAD.

Esempio

	1	2	3	4	5	6	7	8	MAD	RMSE
y_t	110	105	90	80	120	110	90	95		
$F_t^{(1)}$	100	95	100	90	110	100	100	105		
$F_t^{(2)}$	110	105	90	110	90	110	90	95		
$e_t^{(1)}$	10	10	-10	-10	10	10	-10	10	$\frac{80}{8}=10$	$\sqrt{\frac{800}{8}}=10$
e_t^{2}	0	0	0	-30	30	0	0	0	$\frac{60}{8}=7,5$	$\sqrt{\frac{1800}{8}}=15$

Usando il MAD: p2 è più accurato di p1
Usando l'RMSE: p1 è più accurato di p2!
Perché? Perché $MAD_1 = MAD_2$ ma $RMSE_1 \neq RMSE_2$? È meglio $F_t^{(1)}$ o $F_t^{(2)}$?

• perché $MAPE_1 = 10.5\%$ e $MAPE_2 = 21\%$? Come per MPE, la variabilità delle y_t tende a dare pesi diversi in periodi diversi agli stessi errori.

Però è vero, nella realtà, che errori uguali con domanda bassa o alta cambia? In realtà no, però ciò è importante nei casi di prodotti con grande variabilità della domanda (es. in un periodo molto più bassa della media)

Esempio ②

	1	2	3	4	5	6	ME	MAD	MPE	MAPE
y_t	100	80	9	110	90	120				
$F_t^{(1)}$	120	100	10	90	110	80				
$F_t^{(2)}$	100	80	110	110	90	120				
$e_t^{(1)}$	-20	-20	-1	+20	-20	40	-0.167	20.167	-4.4%	21.6%
$e_t^{(2)}$	0	0	-101	0	0	0	-16.8	16.8	-187%	187%

sbaglia il 187% della

$e_t\% = 1100\%$!

la deviazione è circa 187% rispetto alla domanda media!

Però MAD dice che p2 è più accurato di p1!

Il p2 ha fatto nel periodo 3 un errore del -1100%!

Nonostante gli altri $e_t\%$ tutti pari a zero, questo errore molto grande (in un periodo in cui la domanda è difficilmente prevedibile) pesa molto di più → gli indicatori lo penalizzano. Però guardando la serie storica p2 è migliore di p1 o almeno ci viene un dubbio.

SE NON GUARDASSIMO la SERIE STORICA

Scenario di dom	Probabilità	Previsione	
1	1/3	2	$e=-1$ $0.5 = 50\%$
2	1/3	2	$e=0$ 0
3	1/3	2	$e=1$ $0.5 = 50\%$

$$\overbrace{MAPE}^{MAPEM}_{MODIFICATO} = \frac{\sum_{t=1}^{n} |e_t| / F_t}{n}$$

spinge i previsori ad essere ottimisti

posso lavorare su F_t per avere un MAPEM migliore

il MAPEM ATTESO è $\frac{0.5+0+0.5}{3} = \frac{1}{3} = 33\%$

Previsione	MAPEM		Previsione	MAPEM	
1	$e=0$	0	3	$e=-2$	66.7%
1	$e=1$	$1 = 100\%$	3	$e=-1$	33.3%
1	$e=2$	$2 = 200\%$	3	$e=0$	0

$E = \frac{1+2+0}{3} = \frac{3}{3} = 100\%$ $\qquad$ $E = \frac{0.667+0.333+0}{3} = \frac{1}{3} = 33\%$

Se previsioni 1 e 3 sbagliate allo stesso modo, vengono considerati in modo molto diverso. Secondo MAPEM sottostimare la domanda è molto male

Scenario di dom	Probabilità	MAPEM Previsione = 1		MAPEM Previsione = 2	
0	1/3	$e_0 = -1$	100%	$e_0 = -2$	100%
1	1/3	$e_1 = 0$	0	$e_1 = -1$	50%
2	1/3	$e_2 = 1$	100%	$e_2 = 0$	0
		$E = 66.7\%$		$E = 50\%$	

Torino, 27 Marzo 2013

A Tale Of Two Electronics Componets Distributors

OEM = preparano i prodotti finiti con i componenti provenienti da distributori come AESCO ed ESCI.
AESCO → acquista grandi quantità di prodotti molto diversi e li rivende in quantità più piccole: approvvigionamento orizzontale
ESCI → acquista prodotti specifici e di nicchia per la protezione: approvvigionamento verticale.
Sono entrambe aziende con grande presenza nella gestione da parte della proprietà (→ medio - piccole aziende NON manageriali).
Che vantaggio creano AESCO ed ESCI ai compratori a monte e a valle che funzioni svolgono?

AESCO
- Tempi di offerta e consegna relativamente brevi (soprattutto di offerta) ⇒ più vicino ai clienti finali
- Breakbuck = lotti piccoli in uscita
- Operazioni di assemblaggio / Kitting ⇒ eseguite da AESCO e non dal consumatore finale: diminuisce il costo del lavoro + flessibilità: costo per AESCO: 8 $/h
  costo per il CONSUMATORE: 30 $/h

UNA GRANDE AZIENDA NON RIESCE A FARLO - FATTORE DI SUCCESSO

- Fa credito ai piccoli OEM! Paga i fornitori a 30gg ma riceve i pagamenti dai clienti a 40gg. Perché AESCO fa concorrenza alle banche?
  1. Si approvvigiona meglio di altri di capitali (vero in certi limiti)
  2. Maggiora il prezzo dei prodotti, gli OEM pensano di non pagare l'interesse o di pagarlo meno che se si fossero rivolti ad una banca. Non vedono l'interesse
  3. Ha una migliore valutazione del rischio: AESCO conosce i clienti, ha delle informazioni in più rispetto alle banche, riesce a valutare le capacità dei clienti di ripagare il debito, riconosce i buoni pagatori anche se non sembrano tali. E' esperto nel settore, riconosce i fattori di rischio

  Questo è un CRITICAL SUCCESS FACTOR → porta l'acquisizione di clienti.
- Promozione via telefono del prodotto = forza vendita per il produttore che delega AESCO la vendita e la promozione del prodotto
  * ha minor costo di manodopera.
- Si occupa delle vendite
  → Centralizzando la domanda riduce l'incertezza = abbassa le scorte di sicurezza a parità di LS
  → Con un'unica forza vendita gestisce più marche

  A, B, C > ▽ < 1, 2, 3

- One Stop Shop = nello stesso luogo il cliente può trovare prodotti di diversi fornitori, genera assortimento = minore spesa. Ha la funzione di grande magazzino centrale, fa minori consegne = abbassa i costi di trasporto → consegne mixate con prodotti diversi.

ESCI
- Non fa breakbuck, vende pochi pezzi e spesso compra dopo aver ricevuto l'ordine
- Non fa assemblaggio
- Fa consulenza: su prodotti specializzati o obsoleti ormai fuori produzione. ESCI fa matching → mette in contatto clienti con pezzi che ritengono inutili con clienti a cui quei pezzi interessano molto

Guardando gli indicatori sceglierei il previsore 1 però guardando la serie storica vedo che la domanda 2 oscilla molto di più, è molto più difficile da prevedere (circa 3 volte più difficile)
-> nuova statistica

- U di Thail

$$\boxed{U = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{n-1} \left(\frac{F_{t+1} - y_{t+1}}{y_t}\right)^2}{\sum_{t=1}^{n-1} \left(\frac{y_t - y_{t+1}}{y_t}\right)^2}}}$$

-> somma di errori quadratici => ERRORI della MIA PREVISIONE

-> quanto la domanda oscilla => ERRORI del METODO NAIVE
-> $F_{t+1} = y_t$ la previsione di domani è uguale alla domanda di oggi

U > 1 la mia previsione è peggio della naive
U = 1 la mia previsione è come la naive
U < 1 la mia previsione è decisamente meglio della naive

Es di prima: USIAMO METODO NAIVE

	1	2	3	4	5	6
$F_t^{N,1}$		110	80	90	120	130
e_t		-30	10	30	10	-60

	1	2	3	4	5	6
$F_t^{N,2}$		130	40	70	160	190
e_t		-90	30	90	30	-180

$MAD^{N_1} = \frac{1}{5} \cdot 140 = 28$ $MAD\%^{N} = 28.6\%$ $MAD^{N} = \frac{1}{5} \cdot 420 = 84$ $MAD^{N}\% = 89\%$

$MAD = \frac{1}{5} \cdot 110 = 22$ $MAD\% = 22\%$ $MAD = \frac{1}{5} \cdot 135 = 27$ $MAD\% = 28.7\%$

$\frac{22}{28} = 0.78$ vado un po' meglio della naive (ho un errore del 22% in meno)

$\frac{27}{84} = 0.32$ va molto meglio del naive ha un errore del 68% minore

Guardando i MAD% non cambia

$\frac{22\%}{28.6\%} = 0.77$ $\frac{28.7\%}{89\%} = 0.32$

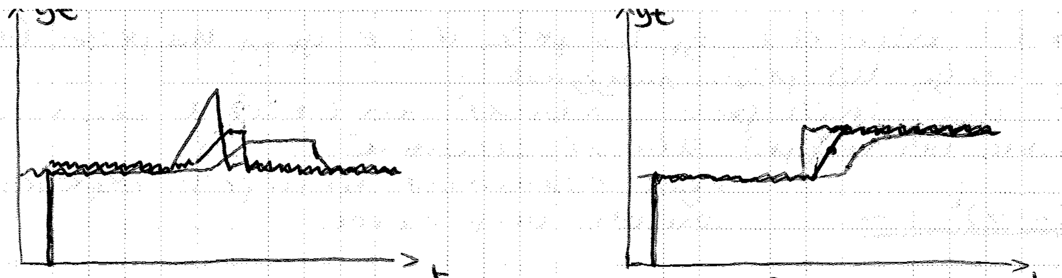
I rapporti dei MAD dicono che il previsore 2 è migliore del previsore 1.
FARE I CALCOLI CON RMSE ed U di THAIL

Torino, 8 Aprile 2013

Prevedere e misurarne le performance serve a:
- stimare l'incertezza (σ) della domanda
- stimare il grado di bontà del lavoro dei previsori
- controllo del processo previsionale -> da ripetere se non va bene
  - per un periodo di tempo uso diversi processi in parallelo e poi utilizzerò il migliore: problemi -> diversi processi = diversi dati, tanti conti, ... + non so quale è il numero previsionale corretto (almeno all'inizio)
  - faccio PREVISIONE nel PASSATO (non devo barare utilizzando dati successivi)

n osservazioni → i le uso per FIT SAMPLE; j le uso per TEST SAMPLE

dove $i + j = n$



alto $l=0.5$ $k=2$ sbaglio di più ma lo $\alpha=0.5$ $k=2$ → filtro peggio i rumori
basso $l=0.1$ $k=6$ scordo più velocemente $\alpha=0.1$ $k=6$ → ci metto più tempo a capire che il mondo è cambiato.

per RMSE è preferibile $k=6$ perché pesa tanto errori grandi
per MAD sono equivalenti, in un caso fa 2 errori da $\frac{1}{2}$ e nell'altro 6 da $\frac{1}{6}$

VEDI ES 3.14 Tabella 3.11 pag libro in inglese

ES. Tabella 3.11

tb = giornaliero $k=2$ può prevedere da $t=2$ per $t=4$
$k=6$ può prevedere da $t=6$ per $t=8$
posso comparare i due metodi dall'8 in poi

LIMITI:
- la media mobile funziona finché rimangono valide le ipotesi di domanda → ES. se c'è trend previsione traslata
- da un peso $1/k$ alle ultime k osservazioni, e peso 0 alle osservazioni più vecchie di k.

SMORZAMENTO ESPONENZIALE SEMPLICE

$$\underline{B_t = \alpha y_t + (1-\alpha)B_{t-1}}$$

fa un aggiornamento della stima della base

$$\boxed{F_{t,h} = B_t} \quad \forall h$$

$0 \leq \alpha \leq 1$
$\alpha = 1$ METODO NAIVE

La formula della base può anche essere scritta come:

$$B_t = B_{t-1} + \alpha(\overbrace{y_t - B_{t-1}}^{e_t})$$

previsione in $t-1$
$F_{t-1,h}$
$\forall h \Rightarrow F_{t-1,1}$

→ la base nuova è pari alla Base vecchia più α l'errore

Ma non dovevamo dare pesi progressivamente decrescenti alle vecchie osservazioni?
→ Terza lettura dell'equazione

$$B_{t-1} = \alpha y_{t-1} + (1-\alpha)B_{t-2}$$

$$\begin{aligned}
B_t &= \alpha y_t + (1-\alpha)B_{t-1} \\
&= \alpha y_t + (1-\alpha)[\alpha y_{t-1} + (1-\alpha)B_{t-2}] \\
&= \alpha y_t + (1-\alpha)\cdot\alpha y_{t-1} + (1-\alpha)^2 B_{t-2} \\
&= \alpha y_t + (1-\alpha)\cdot\alpha y_{t-1} + (1-\alpha)^2[\alpha y_{t-2} + (1-\alpha)B_{t-3}] \\
&= \alpha y_t + (1-\alpha)\cdot\alpha y_{t-1} + (1-\alpha)^2\alpha y_{t-2} + (1-\alpha)^3 B_{t-3} \\
&= \dots
\end{aligned}$$

② $B_{t-I} = y_{t-I+1}$ la base iniziale è pari alla prima osservazione di domanda; non è più intrinsecamente deviato. Inizializzando con un'unica osservazione di domanda questa guida il punto dal quale iniziamo che può essere molto al di sopra o molto al di sotto della media. Con α bassi può essere quella che conta di più!

Secondo problema: $F_{t-I,h} = B_{t-I} \Rightarrow F_{t-1,1} = B_{t-1} = y_{t-I+1}$

la previsione per 1 è pari a B_0 che è uguale alla domanda per 1
$\Rightarrow$ non devo usare 1 per TEST SAMPLE

③ $B_{t-I} = \sum_{i=t-I+1}^{t-I+e} \frac{y_i}{e}$ prendo la media dei primi e periodi.
Ü l'errore di stima sarà molto più contenuto $\Rightarrow$ valore iniziale di B migliore
$\rightarrow$ i primi e periodi (se $h=1$) non vanno utilizzati
es. se $e=10$ B_0 contine le info dei primi 10 periodi
se $h=1$ inizierò a prevedere da 11 $\rightarrow F_{11} = F_{10,1}$
se $e=10$ e $h=5$ prevederò per il periodo 11 nel periodo 6 però non si può perché in B_6 ci sono le osservazioni y_7, y_8, y_9, y_{10} che non posso usare! Il primo momento nel quale posso fare una previsione è il 10: $F_{10,5} = F_{15}$ sarò una previsione per il 15 periodo. ← inizia il TEST SAMPLE

Specialmente con α basso conviene inizializzare con la ③ e stare attenti a non utilizzare i periodi usati per fittare per testare.

- PARAMETRI: come scegliere α?
Guardiamo la serie storica della domanda: se la domanda è relativamente stazionaria vogliamo togliere il rumore $\Rightarrow$ α basso.
Se la domanda ogni tanto ha degli scalini vogliamo un sistema reattivo che dimentichi velocemente il passato $\Rightarrow$ α alto.

Statistica che ci aiuta a capire il comportamento della domanda: media pesata tra l'ultimo errore percentuale e il precedente TS.
$\rightarrow$ TRACKING SIGNAL (TS)
se ho tutti errori $e>0 \rightarrow TS>0$ con errori un po' >0 e un po' $<0 \rightarrow TS=0$
se ho tutti errori $e<0 \rightarrow TS<0$

$$\boxed{TS_t = \alpha' \frac{e_t}{y_t} + (1-\alpha') TS_{t-1}}$$

in valore assoluto

$0 \leq TS \leq 1$
$0 \leq \alpha' \leq 1$

in valore assoluto

se TS è basso allora α dovrà essere basso viceversa se TS è alto allora α dovrà essere alto.

APPLICARE alla TAB 3.11 SIA MEDIA MOBILE con $k=2$ e $k=6$ e SMORZAMENTO con $\alpha=0.5$ e $\alpha=0.1$

- LIMITI: funziona solo con domanda stazionaria non funziona con trend e stagionalità

SMORZAMENTO ESPONENZIALE CON TREND

La domanda ha una crescita o decrescita lineare di periodo in periodo, mediamente la domanda sale o scende di Δ pezzi

ESERCIZIO MEDIA MOBILE Tab 3.11

PERIODO	DOMANDA	PERIODO	DOMANDA	PERIODO	DOMANDA
1	116.36	9	121.21	17	104.55
2	96.30	10	100.99	18	88.19
3	109.64	11	89.63	19	98.53
4	99.92	12	88.43	20	103.58
5	110.31	13	83.83	21	89.95
6	99.88	14	95.87	22	110.83
7	89.07	15	102.17	23	103.87
8	107.38	16	103.43	24	115.57

$\boxed{n=2}$

$\bar{y} = 101,23$

$$B_t = \frac{\sum_{i=t-n+1}^{t} y_i}{n} \qquad B_{12} = \frac{89.63+88.43}{2} = 89.03 = F_{12,1} = F_{13}$$

$$B_{13} = \frac{\sum_{i=13-2+1}^{13} y_i}{2} = \sum_{i=12}^{13} \frac{y_i}{2} = \frac{88.43+83.83}{2} = 86.13 = F_{13,1} = F_{14}$$

$$B_{14} = \frac{95.87+83.83}{2} = 89.85 = F_{14,1} = F_{15}$$

$B_{15} = 99,02 = F_{15,1} = F_{16}$

$B_{16} = (102.17 + 103.43)/2 = 102.86 = F_{16,1} = F_{17}$

$B_{17} = 103.99 = F_{17,1} = F_{18}$
$B_{18} = 96.37 = F_{18,1} = F_{19}$
$B_{19} = 93.36 = F_{19,1} = F_{20}$
$B_{20} = 101.05 = F_{20,1} = F_{21}$

$B_{21} = 96.76 = F_{21,1} = F_{22}$
$B_{22} = 100.39 = F_{22,1} = F_{23}$
$B_{23} = 107.35 = F_{23,1} = F_{24}$
$B_{24} = 109,72 = F_{24,1} = F_{25}$

$e_{13} = y_{13} - F_{13} = 83.83 - 89.03 = -5.2$
$e_{14} = y_{14} - F_{14} = 95.87 - 86.13 = 9.74$
$e_{15} = 102.17 - 89.85 = 12.32$
$e_{16} = 103.43 - 99.02 = 4.41$
$e_{17} = 104.55 - 102.86 = 1.69$
$e_{18} = 88.19 - 103.99 = -15.8$
$e_{19} = 98,53 - 96,37 = 2.16$
$e_{20} = 103.58 - 93.36 = 10.22$
$e_{21} = 89.95 - 101.05 = -11.1$
$e_{22} = 110.83 - 96.76 = 14.07$
$e_{23} = 103.87 - 100.39 = 3.48$
$e_{24} = 115.57 - 107.35 = 8.22$

$\cancel{\bar{e} = \frac{98.14}{12} = 8.2}$

$\cancel{MAD_{\%} = \frac{\sum_{t=13}^{24} |e_t| / 12}{\bar{y}} = \frac{8.2}{101,23} = 0.081 = 8.1\%}$

$|\bar{e}| = 208.86/22 = 9.49$

$$MAD_{\%} = \frac{\sum_{t=3}^{24} \frac{|e_t|}{22}}{\bar{y}} = \frac{\frac{208.86}{22}}{101,23} = \frac{9.49}{101,23} = 0.0938 = 9,38\%$$

$B_{11} = 93.31 = F_{11,1} = F_{12}$
$B_{10} = 111,1 = F_{10,1} = F_{11}$
$B_9 = 114,30 = F_{9,1} = F_{10}$
$B_8 = 98,23 = F_{8,1} = F_9$
$B_7 = 94,48 = F_{7,1} = F_8$
$B_6 = 105.1 = F_{6,1} = F_7$
$B_5 = 105.11 = F_{5,1} = F_6$
$B_4 = 104,78 = F_{4,1} = F_5$
$B_3 = 102.97 = F_{3,1} = F_4$
$B_2 = 106.3 = F_{2,1} = F_3$

$e_{12} = -6.88$
$e_{11} = 21,47$
$e_{10} = -13.31$
$e_9 = 22.98$
$e_8 = 12.9$
$e_7 = -16.03$
$e_6 = -5.23$
$e_5 = 5.53$
$e_4 = -3.05$
$e_3 = 3.34$
$e_2\ 7$

NON SERVONO!
dopo n=6 → parto da F_7

ESERCIZIO SMORZAMENTO ESPONENZIALE SEMPLICE TAB 3.11

$\boxed{\alpha=0.1}$

$$F_{t,h} = B_t \qquad \forall h$$

$$B_t = \alpha y_t + (1-\alpha) B_{t-1}$$

$$B_{t-I} = \sum_{i=t-I+1}^{t=I+e} y_i / e \qquad e=10 \qquad h=1$$

$$B_0 = \sum_{i=1}^{10} \frac{y_i}{10} = (116.36+96.30+109.64+99.92+110.31+99.88+89.07+107.38+ +121.21+100.99)/10 = \frac{1051.06}{10} = 105.11$$

$B_1 = 0.1\times 116.36 + 0.9\times 105.11 = 106.24$
$B_2 = 0.1\times 96.30 + 0.9\times 106.24 = 105.24$
$B_3 = 0.1\times 109.64 + 0.9\times 105.24 = 105.68$
$B_4 = 0.1\times 99.92 + 0.9\times 105.68 = 105.10$
$B_5 = 0.1\times 110.31 + 0.9\times 105.10 = 105.62$
$B_6 = 0.1\times 99.88 + 0.9\times 105.62 = 105.05$
$B_7 = 0.1\times 89.07 + 0.9\times 105.05 = 103.45$
$B_8 = 0.1\times 107.38 + 0.9\times 103.45 = 103.84$
$B_9 = 0.1\times 121.21 + 0.9\times 103.84 = 105.58$

$B_{10} = 0.1\times 100.99 + 0.9\times 105.58 = 105.12 = F_{11}$	$e_{11} = y_{11} - F_{11} = 89.63 - 105.21 = -15.58$
$B_{11} = 0.1\times 89.63 + 0.9\times 105.21 = 103.65 = F_{12}$	$e_{12} = 88.43 - 103.65 = -15.22$
$B_{12} = 0.1\times 88.43 + 0.9\times 103.65 = 102.13 = F_{13}$	$e_{13} = 83.83 - 102.13 = -18.3$
$B_{13} = 0.1\times 83.83 + 0.9\times 102.13 = 100.3 = F_{14}$	$e_{14} = 95.87 - 100.3 = -4.43$
$B_{14} = 0.1\times 95.87 + 0.9\times 100.3 = 99.86 = F_{15}$	$e_{15} = 102.17 - 99.86 = 2.31$
$B_{15} = 0.1\times 102.17 + 0.9\times 99.86 = 100.09 = F_{16}$	$e_{16} = 103.43 - 100.9 = 2.53$
$B_{16} = 0.1\times 103.43 + 0.9\times 100.09 = 100.42 = F_{17}$	$e_{17} = 104.55 - 100.42 = 4.13$
$B_{17} = 0.1\times 104.55 + 0.9\times 100.42 = 100.83 = F_{18}$	$e_{18} = 88.19 - 100.83 = -12.64$
$B_{18} = 0.1\times 88.19 + 0.9\times 100.83 = 99.57 = F_{19}$	$e_{19} = 98.53 - 99.57 = -1.04$
$B_{19} = 0.1\times 98.53 + 0.9\times 99.57 = 99.47 = F_{20}$	$e_{20} = 103.58 - 99.47 = 4.11$
$B_{20} = 0.1\times 103.58 + 0.9\times 99.47 = 99.88 = F_{21}$	$e_{21} = 87.95 - 99.88 = -11.93$
$B_{21} = 0.1\times 87.95 + 0.9\times 99.88 = 98.69 = F_{22}$	$e_{22} = 110.83 - 98.69 = 12.14$
$B_{22} = 0.1\times 110.83 + 0.9\times 98.69 = 99.90 = F_{23}$	$e_{23} = 103.87 - 99.90 = 3.97$
$B_{23} = 0.1\times 103.87 + 0.9\times 99.90 = 100.30 = F_{24}$	$e_{24} = 115.57 - 100.30 = 15.27$

$$\Sigma|e_t| = 123.6$$

$$\bar{e} = \Sigma|e_t|/14 = \frac{123.6}{14} = 8.83$$

$$MAD_\% = \frac{\sum_{t=11}^{24}|e_t|/14}{\bar{y}} = \frac{8.83}{101.23} = 0.08723 = 8.723\%$$

$$RMSE_\% = \frac{1}{\bar{y}}\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n} e_t^2} = \frac{1}{101.23}\sqrt{\frac{1574{,}0752}{14}} = \frac{10.60}{101.23} = 0.1047 = 10.47\%$$

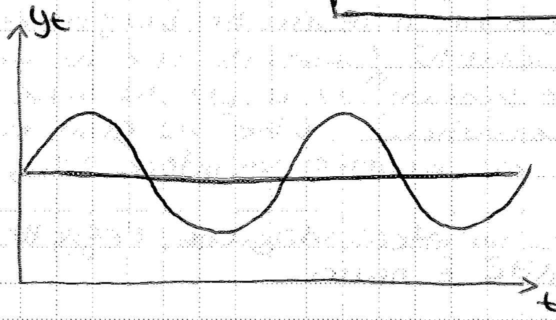
$\boxed{\alpha=0.5}$

$$e=10 \quad h=1 \quad \to B_0 = \sum_{t=1}^{10}\frac{y_t}{10} = 105.11$$

$B_1 = 0.5\times 116.36 + 0.5\times 105.11 = 110.74$
$B_2 = 0.5\times 96.30 + 0.5\times 110.74 = 103.52$
$B_3 = 0.5\times 109.64 + 0.5\times 103.52 = 106.58$
$B_4 = 0.5\times 99.92 + 0.5\times 106.58 = 103.25$
$B_5 = 0.5\times 110.31 + 0.5\times 103.25 = 106.78$
$B_6 = 0.5\times 99.88 + 0.5\times 106.78 = 103.33$
$B_7 = 0.5\times 89.07 + 0.5\times 103.33 = 96.2$
$B_8 = 0.5\times 107.38 + 0.5\times 96.2 = 101.79$
$B_9 = 0.5\times 121.21 + 0.5\times 101.79 = 111.5$

$B_{10} = 0.5\times 100.99 + 0.5\times 111.5 = 106.25 = F_{11}$	$e_{11} = 89.63 - 106.25 = -16.62$
$B_{11} = 0.5\times 89.63 + 0.5\times 106.25 = 97.94 = F_{12}$	$e_{12} = 88.43 - 97.94 = -9.51$

SMORZAMENTO ESPONENZIALE CON STAGIONALITÀ



Stagionalità moltiplicativa
nel mese t venderemo in media il doppio che negli altri mesi.
1. Qual è la stagione? Qual è la periodicità con cui il fenomeno si ripete?

s = stagione = 7 → stagionalità giornaliera e tb settimanale
= 12 → periodicità mensile e tb annuale

B_t = quanti pezzi vendo in media in un mese

S_t = quanti pezzi vendo in più o in meno (percentualmente) rispetto alla media

$$B_t = \alpha \frac{y_t}{S_{t-s}} + (1-\alpha) B_{t-1} \qquad 0 \le \alpha \le 1$$

$$S_t = \gamma \frac{y_t}{B_t} + (1-\gamma) S_{t-s} \qquad 0 \le \gamma \le 1$$

$$\boxed{F_{t,h} = B_t \cdot S_{t+h-s}}$$ per $h \le s$ (se $s=12$ $h \le 12$)

$$\boxed{F_{t,h} = B_t \cdot S_{t+h-s \cdot \left[1+\frac{h-1}{s}\right]}}$$ per $h > s$; per $h \le s$ si riduce alla precedente

ES.

$B_{t-1} = 100$ $\quad y_t = 220$

$S_{t-s} = 2$ $\quad \alpha = 0.2$

$\gamma = 0.2$

$$B_t = 0.2\left(\frac{220}{2}\right) + 0.8 \times 100 = 22 + 80 = 102$$

$$S_t = 0.2 \,\frac{220}{102} + 0.8 \times 2 = 0.43 + 1.6 = 2{,}03$$

- PARAMETRI: determinano la reattività e la capacità di smorzare i rumori.

α alto = reattivo

γ alto = aggiorno facilmente i fattori di stagionalità

Aggiorno B_t tutti i periodi però S_t è aggiornato una volta ogni s periodi

α lavora tutti i periodi

γ lavora ogni s periodi.

ES di PRIMA con $\alpha = 1$ $\gamma = 0.2$

$$B_t = 1\left(\frac{220}{2}\right) + 0 \times 100 = 110$$

$$S_t = 0.2\left(\frac{220}{110}\right) + 0.8 \times 2 = 0.4 + 1.6 = 2$$

Torino, 10 Aprile 2013

con $\alpha = 1$ → consumo tutta l'info per aggiornare la base, ciò non mi permette di aggiornare la stagionalità

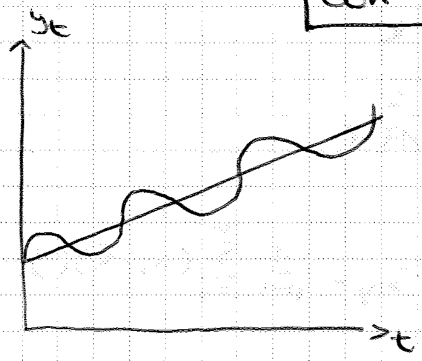
- INIZIALIZZAZIONE: parametri iniziali con $t = 1 \ldots n$

B_0 e S_{j-s} con $j = 1 \ldots s$

$B_0 \to B_1$ per S_1 dovrò guardare S_{1-s} ...

- LIMITI: ⚠ Tanti parametri = tanti dati da utilizzare; specialmente con s grande
  ⚠ vale solo con le ipotesi della domanda stazionaria

SMORZAMENTO ESPONENZIALE CON TREND e STAGIONALITÀ



$$\boxed{F_{t,h} = (B_t + hT_t)\, S_{t+h-s}}$$

$$B_t = \alpha \frac{y_t}{S_{t-s}} + (1-\alpha)(B_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \beta (B_t - B_{t-1}) + (1-\beta) T_{t-1}$$

$$S_t = \gamma \frac{y_t}{B_t} + (1-\gamma) S_{t-s}$$

- INIZIALIZZAZIONE: Quanti parametri devo stimare?
  s fattori di stagionalità, 1 fattore di trend e 1 fattore di base = s+2 parametri → ho bisogno di almeno s+1 osservazioni (= al numero di gradi di libertà)

① $T_0 = \dfrac{y_{s+1} - y_1}{s}$ ⚠ y_{s+1} ed y_1 contengono una stagionalità! → se sono mesi ad alta stagionalità, sovrastimo T_0 (e viceversa con stagionalità bassa)

② meglio prendere stagioni intere: $\ell = 2s$ PER CASA $\ell = 3s$

$$T_0 = \frac{\sum_{i=1}^{s} (y_{s+i} - y_i)}{s^2}$$

$$B_0 = \frac{\sum_{i=1}^{\ell} (y_i - T_0)}{\ell}$$

$$S_{j-s} = \frac{\sum_{k=0}^{\ell/s - 1} \frac{y_{j+ks}}{B_0 + (j+ks)T_0}}{\ell/s}$$

← sul libro c'è scritto $\ell/s - 1$ SBAGLIATO!

VEDI FORMULA STAGIONALITÀ dal LIBRO in INGLESE

se $\ell = 3s$ o in generale $\ell = ns$

$$T_0 = \frac{\sum_{i=1}^{s} (y_{2s+i} - y_i)}{2s^2} \qquad \text{in generale} \qquad T_0 = \frac{\sum_{i=1}^{s} (y_{(n-1)s+i} - y_i)}{(n-1)s^2}$$

REGRESSIONE LINEARE

varianza campionaria: $s^2 = \dfrac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$ → statistica che usa n osservazioni, però ne ho usata 1 per la media → ho n-1 gradi di libertà residui

covarianza campionaria: $S_{xy} = \dfrac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n-1}$

↑ abbiamo 1 un'unica osservazione di x ed y non possiamo capire se sono correlate (negativamente, positivamente o no)

r_{xy} = COEFFICIENTE di CORRELAZIONE CAMPIONARIA $= \dfrac{S_{xy}}{S_x S_y}$

dove $S_x = \sqrt{\dfrac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$ $\qquad -1 \le r_{xy} \le 1$

$r = 3 \rightarrow \ell = 3 \cdot 7 = 21$

$$B_0 = \frac{\sum_{i=1}^{21} y_i}{21} = \frac{1330}{21} = 63.33 \qquad S_{j-s} = \frac{\sum_{r=0}^{3-1} y_{j+rs}}{3 \cdot B_0}$$

$$S_{1-7} = S_{-6} = \frac{46+57+23}{3 \cdot 63.33} = 0.66 \qquad S_{-2} = \frac{66+79+92}{3 \cdot 63.33} = 1{,}25$$

$$S_{-5} = \frac{37+43+24}{3 \cdot 63.33} = 0.55 \qquad S_{-1} = \frac{95+81+81}{3 \cdot 63.33} = 1.35$$

$$S_{-4} = \frac{19+35+34}{3 \cdot 63.33} = 0.46 \qquad S_0 = \frac{121+114+123}{3 \cdot 63.33} = 1{,}88$$

$$S_{-3} = \frac{50+50+60}{3 \cdot 63.33} = 0.84$$

$\alpha = 0.1 \quad \gamma = 0.2$

$$B_1 = 0.1 \frac{46}{0.66} + 0.9 \times 63.33 = 6.97 + 56.997 = 63.97$$

$$S_1 = 0.2 \frac{46}{63.97} + 0.8 \times 0.66 = 0.14 + 0.5318 = 0.6718$$

$$B_2 = 0.1 \frac{37}{0.55} + 0.9 \times 63.97 = 64.30$$

$$S_2 = 0.2 \frac{37}{63.97} + 0.8 \times 0.55 = 0.5557$$

$$B_3 = 0.1 \frac{19}{0.46} + 0.9 \times 64.30 = 61.97$$

$$S_3 = 0.2 \frac{19}{64.30} + 0.8 \times 0.46 = 0.4318$$

TABELLA delle Basi B_t (vedi Foglio Excel)

	1	2	3	4	5
Mart	$B_1 = 63.97$	$B_8 = 64{,}27$	$B_{15} = 61.66$	$B_{22} = 62.83$	$B_{29} = 63.19$
Merc	$B_2 = 64.30$	$B_9 = 65{,}62$	$B_{16} = 59{,}68$	$B_{23} = 63.04$	$B_{30} = 63.14$
Giov	$B_3 = 61.97$	$B_{10} = 67{,}16$	$B_{17} = 61{,}87$	$B_{24} = 65.87$	$B_{31} = 64{,}32$
Ven	$B_4 = 61.71$	$B_{11} = 66.43$	$B_{18} = 62.97$	$B_{25} = 65.18$	$B_{32} = 64{,}14$
Sab	$B_5 = 60.83$	$B_{12} = 66.29$	$B_{19} = 63.82$	$B_{26} = 63.68$	$B_{33} = 63.72$
Dom	$B_6 = 60.77$	$B_{13} = 65.49$	$B_{20} = 63.40$	$B_{27} = 65.50$	$B_{34} = 63.79$
Lun	$B_7 = 62.02$	$B_{14} = 64.95$	$B_{21} = 63.64$	$B_{28} = 65.12$	$B_{35} = 63.48$

TABELLA delle STAGIONALITÀ S_t

	1	2	3	4	5
Mart	$S_1 = 0.6744$	$S_8 = 0.7169$	$S_{15} = 0.6481$	$S_{22} = 0.6381$	$S_{29} = 0.5983$
Merc	$S_2 = 0.5538$	$S_9 = 0.5734$	$S_{16} = 0.5392$	$S_{23} = 0.5424$	$S_{30} = 0.5416$
Gio	$S_3 = 0.4318$	$S_{10} = 0.4497$	$S_{17} = 0.4707$	$S_{24} = 0.5072$	$S_{31} = 0.5239$
Ven	$S_4 = 0.8357$	$S_{11} = 0.8191$	$S_{18} = 0.8474$	$S_{25} = 0.8313$	$S_{32} = 0.8272$
Sab	$S_5 = 1.2149$	$S_{12} = 1.2103$	$S_{19} = 1.2565$	$S_{26} = 1.2013$	$S_{33} = 1.1885$
Dom	$S_6 = 1.3897$	$S_{13} = 1.3591$	$S_{20} = 1.3428$	$S_{27} = 1.4101$	$S_{34} = 1.4134$
Lun	$S_7 = 1.8976$	$S_{14} = 1.8691$	$S_{21} = 1.8818$	$S_{28} = 1.8617$	$S_{35} = 1.8454$

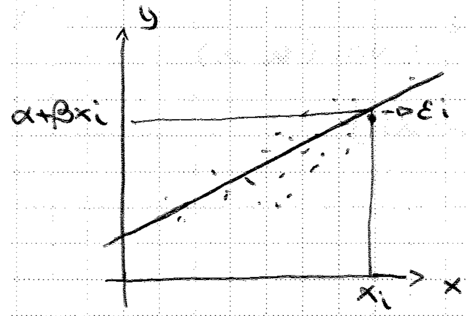
$$F_{t+h} = F_{t,h} = B_t \cdot S_{t+h-s}$$

WEEK 1 – 3 FIT SAMPLE

WEEK 4 – 5 TEST SAMPLE $\Rightarrow F_{21,1} = F_{22} = B_{21} \cdot S_{21+1-7} = B_{21} \cdot S_{15}$

• Tabella A.1

$b = \frac{-5.42}{8.62} = -0.63$ $\qquad a = \bar{y} - b\bar{x} = 12.5 + 0.63 \times 5.2 = 15.78$



$y = \alpha + \beta x$ RETTA SCONOSCIUTA o Retta di Dio

$y_i = \alpha + \beta x_i + \varepsilon_i$

$N(0, \sigma_i) \quad \sigma_i = \sigma_\varepsilon \ \forall i$

Non conoscendo la retta, ma avendo a disposizione solo i punti generati casualmente, dobbiamo trovare una stima di α e β e da questi una stima della retta.

$\Rightarrow y = a + bx \qquad \begin{matrix} a \Rightarrow \alpha \\ b \Rightarrow \beta \end{matrix}$ { stimatori di α e β, basati sul campione di dati a disposizione.

caratteristiche desiderabili per a e b:

• Il valore atteso dello stimatore deve essere uguale al parametro (prospettiva di Dio) $\Rightarrow$ il mio stimatore non deve essere né ottimista né pessimista; trovati a e b, io non ho nessun motivo di ritenere che α e β stiano sopra o sotto gli stimatori a e b.

$\Rightarrow$ Gli stimatori devono essere NON DEVIATI

DIMOSTRAZIONE

⊛ $\mathbb{E}(b) = \beta$ $\qquad b = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i-\bar{x})^2} =$ $\qquad \bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n (\alpha + \beta x_i + \varepsilon_i)}{n}$

$$= \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(\cancel{\alpha} + \beta x_i + \varepsilon_i - \cancel{\alpha} - \beta\bar{x} - \bar{\varepsilon})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})[\beta(x_i - \bar{x}) + (\varepsilon_i - \bar{\varepsilon})]}{\sum_{i=1}^n (x_i-\bar{x})^2} =$$

$$= \frac{\sum_{i=1}^n \beta (x_i - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i-\bar{x})^2} + \frac{\sum_{i=1}^n (\varepsilon_i - \bar{\varepsilon})(x_i - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \beta \frac{\cancel{\sum_{i=1}^n (x_i-\bar{x})^2}}{\cancel{\sum_{i=1}^n (x_i-\bar{x})^2}} + \frac{\sum_{i=1}^n (\varepsilon_i - \bar{\varepsilon})(x_i-\bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i-\bar{x})^2} = \beta + \frac{\sum_{i=1}^n (\varepsilon_i - \bar{\varepsilon})(x_i - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i-\bar{x})^2}$$

è un numero

le x_i sono numeri, le conosciamo

VARIABILE CASUALE perché ε_i sono var cas

$$\mathbb{E}(\beta) + \mathbb{E}\left(\frac{\sum_{i=1}^n (\varepsilon_i - \bar{\varepsilon})(x_i - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \right) \quad \beta + \frac{1}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \mathbb{E}\left(\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(\varepsilon_i - \bar{\varepsilon})\right) =$$

NUMERO $\qquad$ NUMERO $\qquad \mathbb{E}(\varepsilon_i) = 0$ per Hp

$$= \beta + \frac{1}{\sum_{i=1}^n (x_i-\bar{x})^2} \sum_{i=1}^n \mathbb{E}((x_i - \bar{x})(\varepsilon_i - \bar{\varepsilon})) = \beta + \cancel{\frac{1}{\sum_{i=1}^n (x_i-\bar{x})^2} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \mathbb{E}(\varepsilon_i - \bar{\varepsilon})} \Rightarrow$$

$\mathbb{E}(\bar{\varepsilon}) = 0$

$\boxed{\mathbb{E}(b) = \beta}$ cvd $\quad$ Lo stimatore non è deviato, non ho nessun motivo di pensare che b stia sopra o sotto β.

⊛ $\mathbb{E}(a) = \alpha$ $\qquad a = \bar{y} - b\bar{x} =$

$= \alpha + \beta\bar{x} + \bar{\varepsilon} - b\bar{x} = \alpha + (\beta - b)\bar{x} + \bar{\varepsilon}$

perché $\mathbb{E}(b) = \beta$

$\mathbb{E}(\alpha + (\beta - b)\bar{x} + \bar{\varepsilon}) = \mathbb{E}(\alpha) + \mathbb{E}(\beta - b)\bar{x} + \mathbb{E}(\bar{\varepsilon}) = \alpha + \bar{x}\underbrace{\mathbb{E}(\beta - b)}_{=0} + \underbrace{\mathbb{E}(\bar{\varepsilon})}_{=0}$

$= \boxed{\mathbb{E}(a) = \alpha}$ cvd

$$\bar{x}\,\mathrm{covar}\left(\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})\varepsilon_i}{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2},\ \sum_{j=1}^{n}\frac{\varepsilon_j}{n}\right)=$$

$$\frac{\bar{x}}{n\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2}\,\mathrm{covar}\left(\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})\varepsilon_i,\ \sum_{j=1}^{n}\varepsilon_j\right)$$

per $i\neq j$ i due termini no covariano, perchè per Hp per $i\neq j$ ε_i è indipendente da ε_j. Avrò covarianza solo per $i=j$ $\rightarrow$ i termini di covarianza sono esattamente i termini di varianza $\Rightarrow$ cov (x,y) per $x=y$ è la var(x)

$$\rightarrow \sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})\,\mathrm{var}(\varepsilon_i)\,\frac{\bar{x}}{n\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2}$$

$$\rightarrow \frac{\bar{x}}{n\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2}\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})\sigma_\varepsilon^2$$

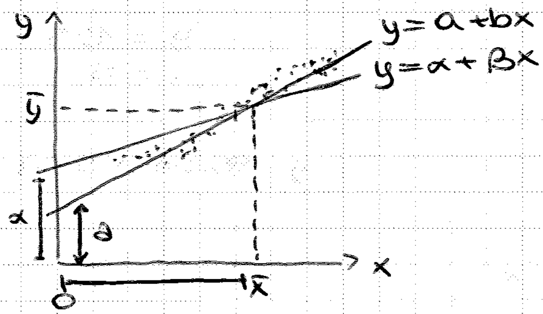
non dipende da i $\Rightarrow$ porto fuori

$$\rightarrow \frac{\bar{x}\sigma_\varepsilon^2}{n\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2}\underbrace{\cancel{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})}}_{\text{lo scostamento di } x_i \text{ dalla sua media è zero}}=0 \quad \text{cvd.}$$

$$\boxed{see_a=\sigma_\varepsilon\sqrt{\frac{\bar{x}^2}{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2}+\frac{1}{n}}}$$

1. la var $(a-\alpha)$ dipende dalla var $(b-\beta)$: sbagliando a calcolare la pendenza (b) sbaglierò a calcolare l'intercetta (a) tanto più quanto più grande sarà $\bar{x}$
2. l'errore nella stima dell'intercetta è guidato anche dall'$\bar{\varepsilon}$. Supponendo b esattamente uguale a β $\rightarrow$ se $\bar{\varepsilon}>0$ (punti sopra la retta di Dio) stimeremo una retta parallela a quella di Dio ma che le sta sopra viceversa con $\bar{\varepsilon}<0$ (punti sotto la retta di Dio)

Hp: $\bar{\varepsilon}=0$



$y=a+bx$ $\rightarrow$ errore nella pendenza

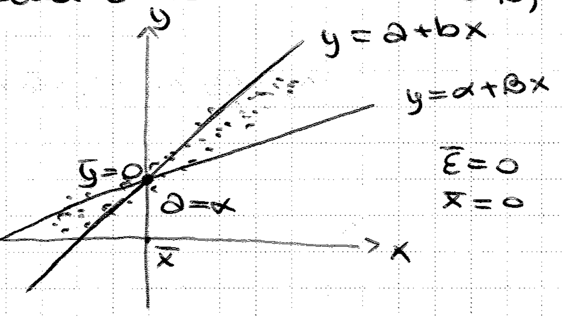
$\bar{\varepsilon}=0$

$a=\bar{y}+b\bar{x}$

$\bar{y}=a+b\bar{x}$ $\rightarrow$ il baricentro delle osservazioni $(\bar{x},\bar{y})\in$ alla retta $\Rightarrow$ la coppia di punti $(\bar{x},\bar{y})$ soddisfa l'eq $y=a+bx$

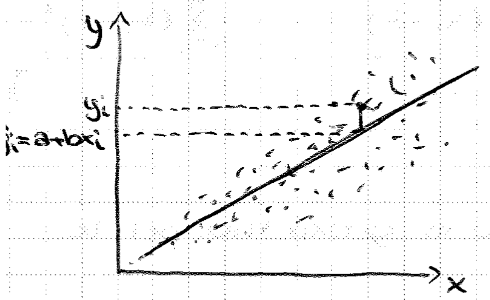
$y=\alpha+\beta x$
$y_i=\alpha+\beta x_i+\varepsilon_i$
$\bar{y}=\alpha+\beta\bar{x}+\cancel{\bar{\varepsilon}}$ $\Rightarrow$ $\bar{y}=\alpha+\beta\bar{x}$ $\Rightarrow$ il baricentro non sta solo sulla retta degli uomini ma anche su quella di Dio! $\rightarrow$ le nostre rette si intersecano nel ~~punto~~ baricentro

La differenza di pendenza tra a ed α è guidato dall'ampiezza del braccio di $\bar{x}$, aumentando $\bar{x}$ aumenta la differenza. posizionamento
Nel caso limite in cui $\bar{x}=0$ ed $\bar{y}=0$ $\rightarrow$ non c'è errore di punti per cui $a=\alpha$ identicamente $\rightarrow$ c'è solo un errore di pendenza dovuto alla diversità di b e β, all'errore nella stima di β



$\bar{\varepsilon}=0$
$\bar{x}=0$

In questo caso un unico punto nettamente fuori media influenza l'intero calcolo della correlazione! → EFFETTO PING PONG o BIG APPLE



abbiamo coppie (x_i, y_i) e ci chiediamo qual è la migliore retta $y = a + bx$ che passa in mezzo ai punti?

distanza punto-retta: $\boxed{y_i - \hat{y}_i = y_i - a - bx_i}$
DISTANZA VERTICALE

distanza tra la nuvola di punti e la retta
→ devo prendere la somma di tutte le distanze (non si devono compensare gli errori positivi e negativi)

$$\boxed{SS = \sum_{i=1}^{n} (y_i - a - bx_i)^2}$$

indicatore che ci dice qual è la retta più vicina all'insieme dei punti.

Come scelgo la retta che meglio passa all'interno della nuvola dei punti? → scelgo la retta che minimizza la distanza tra punti-retta trovando gli a e i b che minimizzano la distanza = ∂SS rispetto ad a e a b e pongo uguale a zero

- $$\frac{\partial SS}{\partial a} = \cancel{2}\left(\sum_{i=1}^{n} y_i - \sum_{i=1}^{n} a - \sum_{i=1}^{n} bx_i\right)\cdot(-1) = 0$$

$$\sum_{i=1}^{n} y_i - \underbrace{\sum_{i=1}^{n} a}_{na} - b\sum_{i=1}^{n} x_i = 0$$

$$\sum_{i=1}^{n} y_i - b\sum_{i=1}^{n} x_i = na \rightarrow a = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_i}{n} - b\frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n} = \bar{y} - b\bar{x}$$

POSIZIONAMENTO VERTICALE della RETTA

la retta passa per il baricentro dei punti ⇒ $(\bar{y}, \bar{x})$ è alla retta

- $$\frac{\partial SS}{\partial b} = 2\left(\sum_{i=1}^{n} (y_i - a - bx_i)(-x_i)\right) = 0$$

$$\cancel{-2}\left(\sum_{i=1}^{n} x_i(y_i - \bar{y} + b\bar{x} - bx_i)\right) = 0$$

$$\left(\sum_{i=1}^{n} x_i\left[(y_i - \bar{y}) - b(x_i - \bar{x})\right]\right) = 0$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_i(y_i - \bar{y}) - \sum_{i=1}^{n} bx_i(x_i - \bar{x}) = 0$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_i(y_i - \bar{y}) = \sum_{i=1}^{n} bx_i(x_i - \bar{x})$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_i(y_i - \bar{y}) = b\sum_{i=1}^{n} x_i(x_i - \bar{x}) \rightarrow b = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^{n} x_i(x_i - \bar{x})}$$

Formulazione diretta

2 riformulazioni di b < 1 per i calcoli; 2 per l'interpretazione

1) $$b = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^{n} x_i(x_i - \bar{x})} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i y_i - \sum_{i=1}^{n} x_i \bar{y}}{\sum_{i=1}^{n} x_i x_i - \sum_{i=1}^{n} x_i \bar{x}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i y_i - n\bar{x}\bar{y}}{\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - n\bar{x}^2}$$

2) sommare o sottrarre $\sum_{i=1}^{n} \bar{x}(y_i - \bar{y})$ è come sottrarre o sommare 0

perché $\sum_{i=1}^{n} \bar{x}(y_i - \bar{y}) = 0$? $\quad \bar{x}\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y}) = 0$

gli scostamenti di y_i rispetto alla sua media sull'intero campione sono pari a zero.

$$b = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i y_i - n\bar{x}\bar{y}}{\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - n\bar{x}^2} \qquad a = \bar{y} - b\bar{x}$$

$$b_1 = \frac{558}{110} = \boxed{5,07} \qquad a_1 = 125 - 5,07 \times 5 = \boxed{99,64}$$

$$b_2 = \frac{557}{110} = \boxed{5,06} \qquad a_2 = 124,64 - 5,06 \times 5 = \boxed{99,34}$$

$$\hat{\sigma}_\varepsilon = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-2}} \qquad \hat{y}_i = a + b x_i$$

$$\hat{\sigma}_{\varepsilon_1} = \sqrt{\frac{0.13 + 0.50 + 1,49 + 0.72 + 1.17 + 1.23 + 4.54 + \overset{0.64}{\cancel{0.44}} + 2.99 + 0.12}{11-2}} =$$

$$= \sqrt{\frac{13.54}{9}} = \sqrt{1.50} = \boxed{1,22}$$

$$See_a = \sigma_\varepsilon \sqrt{\frac{\bar{x}^2}{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2} + \frac{1}{n}} \qquad See_b = \frac{\sigma_\varepsilon}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2}}$$

$$\overset{1}{See_a} = 1,22 \times \sqrt{\frac{5^2}{110} + \frac{1}{11}} = 1,22 \times \sqrt{0.227 + 0.081} = 1.22 \times 0.56 = \boxed{0.688}$$

$$\overset{1}{See_b} = \frac{1,22}{\sqrt{110}} = \frac{1.22}{10.49} = \boxed{0.116}$$

$$\sigma_\varepsilon^2 = \sqrt{(693,80 + 424.36 + 1563.41 + 553,19 + 604.18 + 25.36,13 + 13.46,89 + 280.90 + 219.63 + 2315.53 + 254,08)/_{11-2}} =$$

$$= \sqrt{\frac{110819,108}{9}} = \boxed{34,60}$$

$$\overset{2}{See_a} = 34,60 \sqrt{\frac{5^2}{110} + \frac{1}{11}} = 34,60 \times 0.56 = \boxed{19.51}$$

$$\overset{2}{See_b} = \frac{34.60}{\sqrt{110}} = \boxed{3,30}$$

1. $a = 99.64 \pm 0.688$
   $b = 5.07 \pm 0.116$

2. $a = 99.34 \pm 19.51$
   $b = 5.06 \pm 3.30$

nel primo caso siamo molto più accurati nella stima di a e b

$\overset{1}{See_a} << \overset{2}{See_a}$

$\overset{1}{See_b} < \overset{2}{See_b}$

Quando prendo dei dati estratti da una normale e ne faccio la media, questa è ancora una normale

$$\frac{x_i - \bar{x}}{\sigma} \sim N(0,1)$$

$$\frac{x_i - \bar{x}}{S_x} \sim t \text{ di student}$$

quanto più c'è incertezza nella stima di σ tanto più la t di student è diversa dalla normale

Torino, 17 Aprile 2013

- Test d'Ipotesi

Serve a capire se abbiamo elementi per sbugiardare l'ipotesi che abbiamo fatto in precedenza.

Hp: $\alpha = \alpha_0$ oppure $\alpha \gtrless \alpha_0$
$\beta = \beta_0$ oppure $\beta \gtrless \beta_0$
① ②

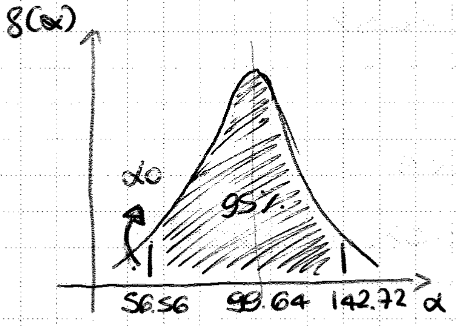
① es. $\alpha_0 = 70$

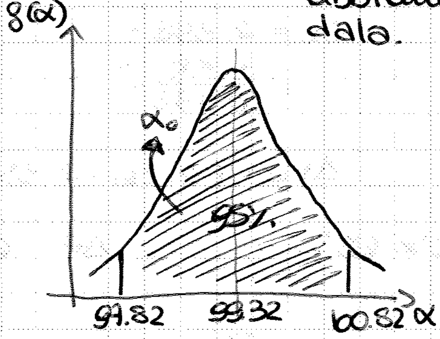
$$\frac{a^1 - \alpha_0}{see_a} = \frac{98.64 - 70}{0.688} = 43.08 \notin \underbrace{[-1.83, 1.83]}^{t_{n-2,\alpha/2}}$$

posso sbugiardare l'ipotesi di α pari a 70 per il 95% delle volte

$$\frac{a^2 - \alpha_0}{see_a} = \frac{99.34 - 70}{19.51} = 1.50 \in [-1.83, 1.83]$$

non stiamo dicendo che α sia esattamente pari a 70 però non abbiamo elementi per sbugiardala.

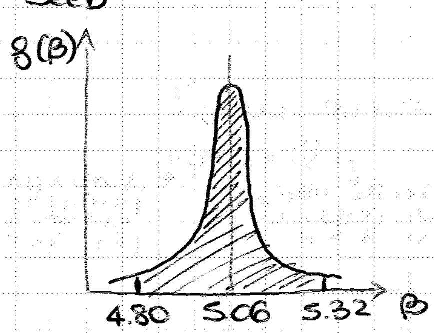




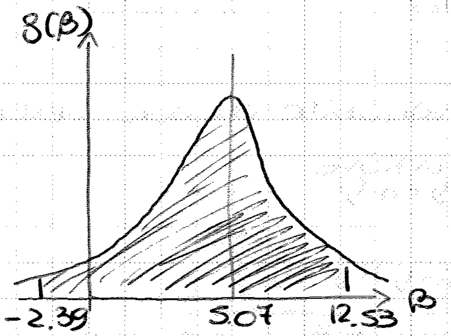
es. $\beta_0 = 0$ -> ipotesi di indipendenza tra x ed y

$$\frac{b^1 - \beta}{see_b} = \frac{5.06 - 0}{0.116} = 43.62 \notin [-1.83, 1.83]$$

$$\frac{b^2 - \beta}{see_b} = \frac{5.07 - 0}{3.30} = 1.73 \in [-1.83, 1.83]$$

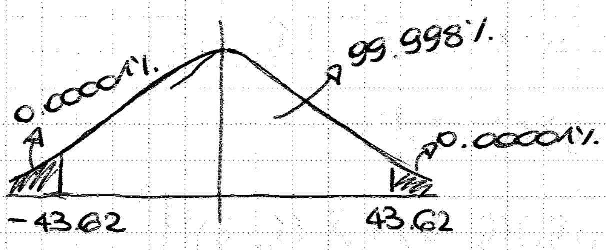


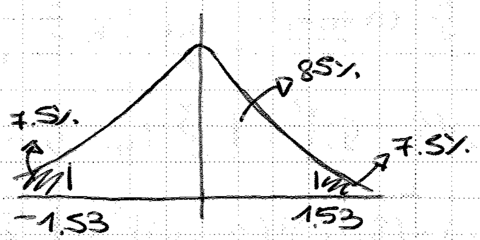
CASO 1: c'è dipendenza tra x ed y



CASO 2: compatibile con l'ipotesi di indipendenza tra x ed y

Qual è la massima confidenza con cui posso scartare un'ipotesi?





possiamo scartare l'ipotesi $\beta_0 = 0$ solo con una confidenza massima pari all'85%

Considero ⊛

$$\sum_{i=1}^{n}(y_i-\hat{y}_i)(\hat{y}_i-\bar{y}) = \sum_{i=1}^{n}(\overbrace{y_i}^{y_i} - a - bx_i)(\cancel{a}+bx_i-\cancel{a}-b\bar{x}) =$$

$$= \sum_{i=1}^{n}(y_i-\bar{y}+b\bar{x}-bx_i)b(x_i-\bar{x}) = b\sum_{i=1}^{n}\left[(y_i-\bar{y})-b(x_i-\bar{x})\right](x_i-\bar{x}) =$$

$$= b\left[\sum_{i=1}^{n}(y_i-\bar{y})(x_i-\bar{x}) - b\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2\right] = b\left[\cancel{(n-1)S_{xy}} - \cancel{\frac{S_{xy}}{S^2_x}S^2_x(n-1)}\right] = 0$$

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

→ VARIANZA SPIEGATA = parte della variazione del comportamento che noi presumiamo in base alle osservazioni

VARIANZA OSSERVATA nel campione o varianza totale

Non dipende dalla numerosità del campione

Se xi sono uno strumento potentissimo per spiegare il comportamento delle yi. Se x sono legate alle y e ne spiegano una quota parte.

$\bar{y} = \hat{y}$ → Media dei punti = media della retta = 0.

La regressione lineare può essere usata anche per studiare relazioni non lineari tra x e y → cercando di trasformare la relazione tra x ed y in lineare e poi una volta trovata la soluzione, la si riporta nel caso non lineare.

ES. $y = k x^{\gamma}$ con k e γ opportuni

$\boxed{\log y = \log k + \gamma \log x}$ è lineare

$y' = \alpha + \beta x'$

trovo a e b stimatori di α e β

→ $\log y = a + b \log x$ e torno indietro alla relazione di partenza

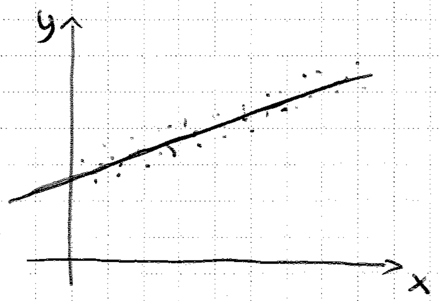
$$e^{\log y} = e^{a+b\log x} \rightarrow y = e^a + e^{b\log x} = e^a x^b$$

$$\boxed{y = \hat{e^a}\, x^{b^{\gamma}}}$$

$\log y = \alpha + \beta \log x + \varepsilon$

errore lineare costante che nel mondo lineare diventa un errore percentuale

Nel mondo lineare ci saranno fattori di rumore percentualmente costanti → le nostre ipotesi devono essere verificate nel mondo delle trasformate, dove le applico.



$y = a + bx$ $\quad y = \alpha + \beta x + \varepsilon$

supponiamo di aver trovato una relazione es prezzo birra - domanda

$x_0 = 1{,}5$ quante birre prevedo di vendere?

STIMA della DOMANDA: $\hat{y}_0 = a + bx_0$

Borders Group

Torino, 17 Aprile 2013

Vantaggi e Svantaggi del Brick e del Click

Settore dei libri: 50000 nuovi prodotti all'anno che però non sono sostituti dei libri più vecchi → ampiezza dell'assortimento pressocchè infinito (RESA dei libri da parte dei retailer ai fornitori a causa di errate previsioni di vendita; ...); i libri inoltre, sono prodotti ad altissima varietà di titoli ma a bassa domanda.

Click

- Più assortimento (dal punto di vista del cliente) ☺
- NEGOZIO PERSONALIZZATO, suggerimenti in base ai vecchi acquisti (☺ dal punto di vista del cliente)
- Feedback (= recensioni da parte degli altri utenti ☺ cliente)
- Negozio disponibile 24h su 24
- prezzo più basso (☺ cliente ☹ azienda) ↳ + concorrenza perché è più facile accedere a più librerie online e confrontare i prezzi
- Domanda più concentrata (☺ azienda) → meno magazzini e + clienti = meno scorte e meno costi di spazio, affitto, ...
- Meno costi di scorte (☺ azienda)
- Più costi di spedizione (☹ azienda)
- Più scalabile, riesco a raggiungere più clienti con meno scorte (☺ azienda)
- Disponibilità chiara, so subito se un libro c'è o no (☺ cliente)
- Più concorrenza a causa della facilità di accesso = prezzi più bassi (☹ azienda)
- Maggiore conoscenza del comportamento del consumatore (☺ azienda)
- Più costi di Information Tecnology (☹ azienda).

Brick

- Rapporto cliente - venditore, consigli (dal punto di vista del cliente) ☺
- Negozio creato per il cliente medio (☹ dal punto di vista del cliente)
- Parlo e discuto con il venditore del libro (☺ cliente)
- Touch and feel, tocco il libro, lo sfoglio (☺ cliente)
- Acquisto immediato (☺ cliente)
- Luogo sociale, eventi, incontri con gli autori (☺ cliente)
- Forma di intrattenimento: caffetteria, poltroncine, ... (☺ clienti)
- Costi di gestione, personale, ... (☹ azienda)
- Più costi di scorte ma meno di spedizione (☺/☹ azienda)
- Più costi di personale (☹ azienda)
- Pagamento in contanti (☺ cliente)
- Sostituzione di un libro non trovato con un altro (☺ azienda)
- Cambio di un libro (☺ cliente)
- Costi di markdown più elevati, rischio di avere molti libri invenduti (☹ azienda)

Brick and Click, integrazione

- Verifico la disponibilità di un titolo online e poi vado a ritirarlo nel negozio (☺ cliente) (☹ azienda: costi di magazzino, personale, trasporto, ...)
- Pago il libro in libreria e me lo portano a casa (☺ cliente però lascia comunque il cliente un po' perplesso perché non può avere subito l'oggetto del suo desiderio).
- Economie di scala sugli acquisti (☺ azienda)
- PHANTOM STOCKOUT!!! (☹ azienda) maggiore perdita di fiducia da parte del cliente che è sicuro di trovare il libro ma invece non è così.
- Prezzi diversi online e offline (☹ cliente → mostro incoerenza)
- Più magazzini: quello centrale + i negozi (☹ azienda)
- Conseguenze fiscali → in america tra uno stato e l'altro la vendita è trattata come vendita di esportazione (no tasse se non hanno negozi o uffici negli stati in cui vendono ma tasse alte se hanno negozi! ☹ azienda).

quello realmente domandato dai clienti. -> circa 1 Miliardo $ di scorte che potrebbero essere sbagliate!

* Difficile integrazione brick and click
* Cliente che non trova un libro
  - va via (vendita + reputazione perse)
  - chiede ad un venditore = perdita di tempo = più costi di personale

I venditori "disturbati" dai clienti perdono tempo a cercare il titolo richiesto invece di risistemare sugli scaffali i libri in back room o fuori posto (<= CAUSA dei phantom stockout) -> sale il costo delle OPERATIONS. I venditori perdono tempo a curare il sintomo (cliente che non trova un libro) piuttosto che la causa (libri fuori posto) del male. A causa dell'enorme varietà di assortimento, il quale non ha un reale posto fisso sugli scaffali, il phantom stockout è un problema molto serio: non è facile notare un libro fuori categoria (es. un libro di storia nella sezione giardinaggio).

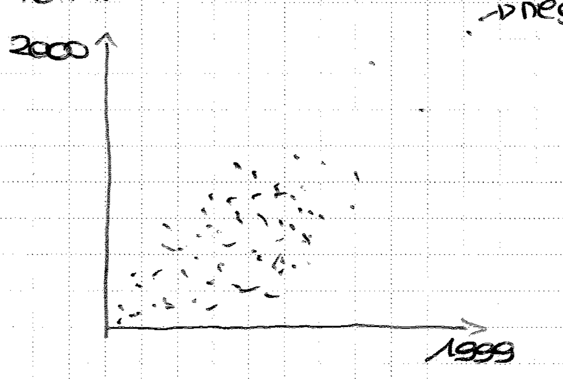
Cause del phantom stockout

* Personale overload: devono gestire 6000 titoli + il negozio + le scorte + i clienti
  -> il personale è sovraccarico = predilige alcune attività a discapito delle altre -> i clienti
  Personale appassionato che ama leggere e parlare di libri, preferisce occuparsi dei clienti per parlare con loro di libri.
* Sistema di ricezione in ingresso dei nuovi libri: i nuovi arrivi vengono registrati subito nel sistema TLU (li segnala come presenti) ma posti a scaffale (quindi realmente fruibili da parte dei clienti) solo 24h dopo e restano dunque nella backroom. C'è un disallineamento tra il magazzino fisico (scaffale) e il magazzino logico (sistema TLU che considera come magazzino l'intero negozio)
* Clienti che spostano i libri da uno scaffale all'altro
* Resi
  - sostituzioni da parte dei clienti -> libri lasciati nel retro cassa
  - restituzione ai fornitori -> gestito dall'ES, cerca i titoli che vendono meno e decide di restituirli = tolti subito dagli scaffali ma restano 30g in backroom per cui sono ancora registrati nel TLU -> sono disponibili ma il cliente non li vede.

Possibili soluzioni per il phantom stockout

* Creazione di 3 magazzini logici
  - backroom
  - retro cassa
  - scaffali

  PROBLEMA: più lavoro per i venditori -> aumenta il numero di transizioni.
* Migliore gestione del personale: aumento il personale (più costi) e lo differenzio: alcuni si occuperanno solo dei clienti altri del negozio e delle scorte -> SPECIALIZZAZIONE
* Backroom piccole
* Codici magnetici per rintracciare i libri nel negozio -> costi esorbitanti.



- Correlazione positiva: negozi che andavano bene continuano ad andare bene
- Dispersione = problema di execution

CAPITOLO 4

Gestione delle Scorte

Torino, 22 Aprile 2013

1. Natura delle scorte & del sistema logistico:
   - → Singolo Magazzino / Multi-Echelon
   - → Single item / multi item
   - → lead time deterministico / stocastico
   - → ciclo di vita del prodotto. LT >> ciclo di vita → PROBLEMI STATICI (es. QUOTIDIANI) → un unico periodo e un unico momento decisionale

     LT >> ciclo di vita → un unico momento decisionale e più periodi.

     LT << ciclo di vita → PROBLEMI DINAMICI → problema multiperiodale e multi stadio sul punto decisionale

2. Natura della domanda
   - → certa (deterministica) / incerta ← misura SOGGETTIVA, è la nostra capacità nel prevedere la domanda
   - → stabile / variabile

     ↑ è una caratteristica OGGETTIVA della serie storica della domanda
   - → discreta / continua
   - → delivery lead time

3. Informazioni a nostra disposizione:
   - → scorte (zero balance walk)
   - → periodic review / continuous review

4. obiettivi = variabili che il nostro sistema di gestione delle scorte può influenzare
   - → costo di ordinazione ∝ al numero di ordini effettuati
   - → costi di mantenimento ∝ al numero di item a magazzino
   - → costi di acquisto
   - → costo del servizio al cliente (stock out)

Torino, 23 Aprile 2013

EOQ:
- single item
- singolo magazzino
- lead time deterministico e uguale a zero
- domanda deterministica e stabile
- costo ordinazione e costo mantenimento.

Più alte sono le scorte che tengo a magazzino, maggiore è l'esposizione finanziaria a cui sottopongo l'azienda.

ESEMPIO

100 pezzi mese dall'Asia

$c = 1$ €/pezzo

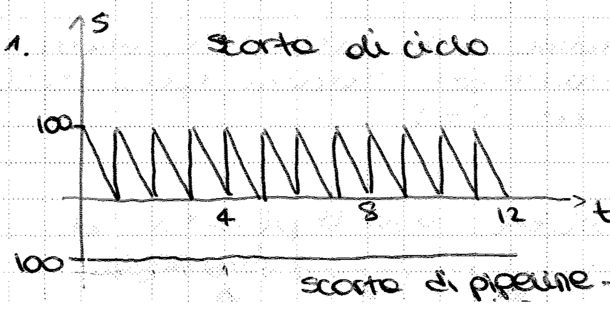
$i = 10\%$

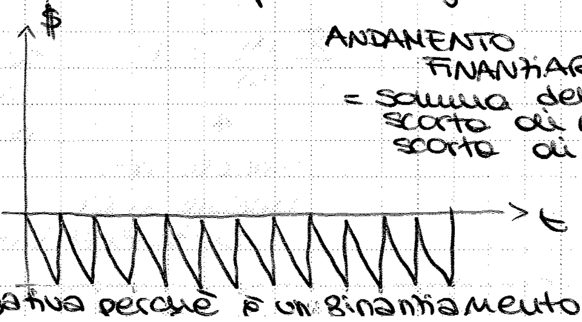
paga ad 1 mese dal ricevimento della merce

1. ordino 100 ogni mese
2. ordino 400 ogni 4 mesi

- andamento scorte?
- esposizione finanziaria?

1.





ANDAMENTO FINANZIARIO = somma della scorta di ciclo + scorta di pipeline

scorta di pipeline → negativa perché è un finanziamento

Lagrangiana $\mathcal{L}(Q_1, Q_2, \dots Q_i, \dots Q_n, \lambda) = \sum_{i=1} h_i \frac{Q_i}{2} + \lambda \left(\sum_{i=1} \frac{d_i}{Q_i} - F \right)$

COSTO DELLA VIOLAZIONE DEL VINCOLO

se faccio più ordini di F li pago λ, aumentando il costo λ faccio in modo che i gestori dei prodotti non abusino della limitata capacità produttiva.

Con un λ opportuno, farò sì che la collettività dei prodotti ordino / producano esattamente F

Per l'ottimo deriviamo rispetto a Q_i e a λ:

- $\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial Q_i} = \frac{h_i}{2} - \frac{\lambda d_i}{Q_i^2} = 0 \qquad \boxed{Q_i^* = \sqrt{\frac{2 \lambda d_i}{h_i}}}$ EOQ con λ al posto di A

COSTO FITTIZIO CHE ATTRIBUIAMO ad OGNI SINGOLO ORDINE

- $\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda} = \sum_{i=1}^{n} \frac{d_i}{Q_i} - F = 0$ ← devo rispettare il vincolo

Dobbiamo trovare un λ tale per cui tutti i Q_i rispettino il vincolo.
Come troviamo il λ ottimo?

- Se il numero di ordini che faccio è minore della capacità, il λ è troppo alto
$\sum_{i=1}^{n} \frac{d_i}{Q_i} < F$ $\quad \lambda$ troppo alto sceglierò $\lambda_1 < \lambda_0$

- se il numero di ordini è maggiore della capacità, il λ è troppo basso
faccio pagare poco gli ordini
$\sum_{i=1}^{n} \frac{d_i}{Q_i} > F$ $\quad \lambda$ troppo basso sceglierò $\lambda_1 > \lambda_0$

Parto da un λ_0 casuale e verifico in quale situazione mi trovo, prendo λ come ottimo quando sarò nella situazione per cui:
$$\sum_{i=1}^{n} \frac{d_i}{Q_i} = F.$$

Se aggiungessi un costo A_i? → potrei non usare più tutta la capacità F, dipende dal costo di ordinazione e da quanto è grande il vincolo

$$FO \quad \min \sum_{i=1}^{n} h_i \frac{Q_i}{2} + \sum_{i=1}^{n} \frac{A_i d_i}{Q_i}$$
$$\text{st.} \sum_{i=1}^{n} \frac{d_i}{Q_i} \leq F$$

potrei avere meno ordini di F

$$\mathcal{L}(Q_1, \dots Q_i, \dots Q_n, \lambda) = \sum_{i=1}^{n} h_i \frac{Q_i}{2} + \lambda \left(\sum_{i=1}^{n} \frac{d_i}{Q_i} - F \right) + \sum_{i=1}^{n} A_i \frac{d_i}{Q_i}$$

- $\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda} = \sum_{i=1}^{n} \frac{d_i}{Q_i} - F = 0$ → all'ottimo rispetto il vincolo $\sum_{i=1}^{n} \frac{d_i}{Q_i} = F$

- $\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial Q_i} = \frac{h_i}{2} - \frac{A_i}{Q_i^2} d_i - \lambda \frac{d_i}{Q_i^2} = 0$

$$\boxed{Q_i^* = \sqrt{\frac{2 d_i (A_i + \lambda)}{h}}}$$

EOQ con l'aggiunta di λ, il costo di ordinazione è affiancato dal costo del consumo della capacità produttiva

Conseguenze FISICHE dello stockout <
- LOST SALES = la domanda sparisce
- BACKORDER = ordine da evadere nei periodi successivi

Conseguenze ECONOMICHE dello stockout <
- PRESENZA dello STOCKOUT = p
- DIMENSIONE dello STOCKOUT = p_u

voci di costo rilevanti (che entrano in p e p_u):

- CUSTOMER GOODWILL: quanto e quando il cliente si arrabbia per la mancanza di disponibilità del prodotto
  - → identificazione dei clienti per calcolare il Customer lifetime Value (= valore che il cliente genera per l'azienda nella sua vita media di appartenenza all'azienda). STORE LOYALTY / BRAND LOYALTY
  - → "Must have products" ⇒ prodotti e categorie merciologiche che i negozi DEVONO avere perché considerate indispensabili (Nutella, Coca-Cola, acqua, latte, ...)

La customer goodwill è molto difficile da stimare e da misurare.

- PENALITÀ: pago qualcosa se si verifica uno stockout
  - → CONTRATTI con i clienti: sei in stockout, mi paghi una penale tipico in rapporti impresa - impresa
  - → da retailer a consumatore (negozio olandese) se un cliente non trova un prodotto in promozione può andare a prenderlo fuori promozione e pagarlo allo stesso prezzo di promozione → CONTRATTO con il cliente
- VENDITE (= MARGINE) PERSO: il cliente che non trova un prodotto può rinunciare all'acquisto, l'azienda perde il margine su quel prodotto.
  - → Succedanei: se i clienti che non trovano un prodotto sono disposti a sostituirlo con un prodotto simile equivalente (o almeno parte dei clienti) il margine perso è minore (al limite nullo se tutti i clienti sostituiscono il prodotto).
  - → Complementari: per i clienti alcuni prodotti sono complementari gli uni con gli altri quindi la mancanza di uno si porta dietro il mancato acquisto anche degli altri, mancanza del margine dell'intero SHOPPING BASKET

Esercizio Newsvendor multiprodotto rivisitato

Prodotto	A	B	C	D	E
Costo	100	130	170	80	80
Prezzo	60	70	80	50	50
Svendita	40	50	60	45	45
E(d)	1000	500	500	1500	2000
σ	250	300	350	0	350

$LS_I = \frac{M}{M+C}$

$Q^* = \mu + z\sigma$

$LS_{I,A} = 0.667$ $\quad Q_A^* = 1108$ COSTO: 66480

$LS_{I,B} = 0.75$ $\quad Q_B^* = 702$ COSTO: 49140

$LS_{I,C} = 0.818$ $\quad Q_C^* = 818$ COSTO: 65440

$LS_{I,D} = LS_{I,E} = 0.857$ $\quad Q_E^* = 2374$ COSTO: 118700

$Q_D^* = 1500 + 1.07 \times 0 = 1500$ COSTO: $1500 \times 50 = 75000$

$$\sum_{i=A}^{E} Q_i c_i = 66480 + 49140 + 65440 + 75000 + 118700 = 374760 > 33000 = R$$

il vincolo è stringente

Torino, 28 Aprile 2013

Obermayer

Di anno in anno solo il 20% dei prodotti commercializzati l'anno prima vengono riproposti => c'è l'80% dei prodotti nuovi. Obermayer vende ai retailer. Nel settore della moda è difficile da distinguere i prodotti di successo da quelli di insuccesso. Nel settore della moda ci sono acquisti imitativi: se un prodotto ha successo questo successo crescerà sempre di più, gli acquirenti acquistano in massa il prodotto di moda in quel momento (CAUSA SOCIALE).
Domanda SIGNIFICATIVAMENTE incerta con pesanti conseguenze.
ES.

Black Woodoo		Priscilla Zebra
Ordine 4	(rapporto 1:1000)	4000
Produzione 2000		2000
Eccessi 1996		Vendite perse: 2000
20\$ x 1996 = 39920 \$		50\$ x 2000 = 100000 \$

Prezzo pieno: 200 \$ Prezzo di svendita: 130 \$ Costi var: 150 \$

ECCESSO di SCORTE che dovrò vendere (150 − 130) = 20 \$ ← quanto perdo svendendo la merce in eccesso. Ho una perdita totale di circa 40000 \$!

ECCESSO di ORDINI = Mancate vendite = Mancati guadagni! (200 − 150) = 50 quanto guadagno vendendo a prezzo pieno. COSTO OPPORTUNITÀ
Perdo 100000 \$ di guadagni
100000 > 40000 => dovrei focalizzarmi su questo problema

Di solito le aziende si focalizzano sul problema a sinistra perchè le aziende a fine anno devono presentare un Bilancio nel quale sono presenti le scorte e non le vendite perse. Inoltre misurare il valore dei pezzi a magazzino è facile al contrario misurare le vendite perse non è nè facile, nè scontato.
La rilevanza del problema di eccesso di scorte rispetto agli stockout è in funzione dei parametri economici dell'azienda.

A Novembre 1992, Wally Obermayer deve decidere quanto produrre per la stagione invernale 1993 − 1994; la decisione sull'assortimento (= cosa produrre) è già stata presa. Wally deve decidere a Novembre perchè le consegne saranno effettuate a Settembre 1993 ma in questo arco di tempo bisogna dare l'ordine ai fornitori (obersport) con sede ad Hong Kong (LT di approvvigionamento)

1/11/1992 ———— 1/02/1993 ——+—— 1/08/1993

15/03/1993 80% degli ordini Las Vegas

LT APPROVVIGIONAMENTO | LT PRODUZIONE

Decisione su quanto produrre

Alternative possibili?
1. Diminuire i LT di approvvigionamento => Componenti standard a stock (di LT lungo)
2. Diminuire i LT di produzione
3. Anticipare le informazioni di mercato (prima di Las Vegas)
4. Usare le info da Las Vegas => anticipare la produzione dei capi standar
5. Standardizzare componenti / produzione
6. Posticipare le consegne (a alcune) => a Novembre ?

ESERCIZIO GIACCHE

$d_{TOT} = 1000$ ① Giacca Ghiaccio, ② Giacca Blu-Rosso, ③ Giacca Verde, ④ Giacca Blu scuro, ⑤ Giacca Marrone

stesso prezzo

Torino, 30 Aprile 2013

Il gruppo prende delle decisioni che sono o al di sopra del massimo o al di sotto del minimo delle decisioni dei singoli.

SINGOLO PREVISORE vs PREVISIONE CONSENSUS

SINGOLO PREVISORE:
- ☺ previsioni non influenzate dalle idee degli altri (no perdita di informazione)
- ☺ Misuro l'errore singolo, riesco a capire chi prevede meglio
- ☺ Disaccordo ⇒ indica il grado di incertezza della domanda → INDIVIDUO i CAPI CRITICI.

Incertezza ∝ Disaccordo

più è alto il disaccordo tra i previsori più è alta l'incertezza.

PREVISIONE CONSENSUS:
- ☹ Perdita di informazione → influenza del "più forte" / più alto gerarchicamente.
- ☺ Coglie diversi aspetti del problema
- ☺ Pulisce il rumore creato da previsori non esperti o non in grado di capire il processo.

Obermayer sceglie previsori singoli

Produzione I → giacca blu
Produzione II → giacca verde
} costi di setup alti = produco a lotti → o tutto il prodotto in I o in II

Giacca Blu $E(d) = 268$ storia
disaccordo = 116.
$\rightarrow \sigma = 1{,}5 \times \text{disaccordo} = 1{,}5 \times 116 = 174$

$d \sim N(268, 174)$ quanti pezzi facciamo della giacca blu?

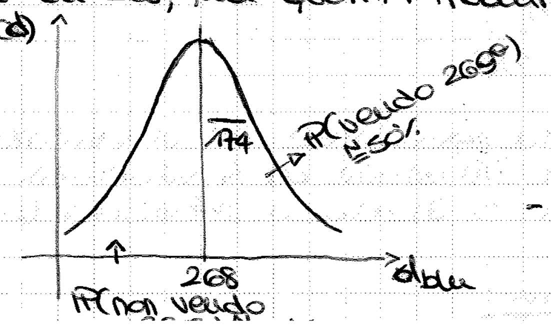
1. Meno di 268 pezzi
2. Esattamente 268 pezzi
3. Più di 268 pezzi

① Riduco il rischio di avere invenduto. Problema: i rischi sono due: invenduto e stockout e in base agli economics della mia azienda lo stockout mi costa più dell'invenduto.

② Non ho alcun motivo di ritenere la domanda più alta o più bassa di 268. Problema: ho P pari al 50% di andare in stockout e altrettanta di avere vendite perse → di nuovo, secondo gli economics dell'azienda preferisco avere invenduto e non stockout.

③ In base agli economics dell'azienda produciamo più di 268 pezzi preferisco correre il rischio di avere invenduto piuttosto che stockout → vado a sovraprodurre.

Più di 268, ma quanti? Produrre più di 268 è davvero una buona idea? Mi conviene produrre la 269esima?



⇒ Profitto atteso marginale sulla 269esima

50\$ → se vendo la 269
−20\$ → se non vendo la 269
dipende dalla P di vendere la 269

$$\frac{\partial \int_{h_1(Q)}^{h_2(Q)} g(Q,x)\,dx}{\partial x} = \underbrace{\overbrace{\frac{\partial h_2(Q)}{\partial Q}}^{\text{variazione infinitesimale}} \overbrace{g(Q,h_2(Q))}^{\text{altezza della variazione}}}_{\text{AREA INCREMENTALE}} \underset{\text{perché va a sx}}{-} \frac{\partial h_1(Q)}{\partial Q} g(Q,h_1(Q)) + \int_{h_1(Q)}^{h_2(Q)} \frac{\partial g(Q,x)}{\partial Q}dx$$

al variare di Q

Regola di Leibnitz

$$\frac{\partial E(\pi(Q))}{\partial Q} = m\left[\cancel{1\,Q g(Q)} - \cancel{0\,Q g(Q)} + 0 + \cancel{0\,Q g(Q)} - \cancel{1\,Q g(Q)} + \int_Q^{+\infty} g(x)dx\right] +$$

$$- c\times\left[1\cdot \cancel{(Q-Q)g(Q)} - \cancel{0\,Q g(Q)} + \int_0^Q g(x)dx\right] =$$

$$= m\int_Q^{+\infty} g(x)dx - c\int_0^Q g(x)dx = 0$$

$$\rightarrow m[1-F(Q)] - cF(Q) = 0 \qquad m - mF(Q) - cF(Q) = 0$$

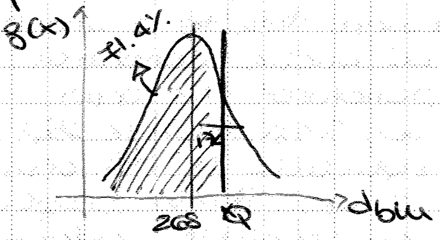
$$m - F(Q)(m+c) = 0 \rightarrow \boxed{F(Q) = \frac{m}{m+c} = LS_I}$$

è un punto di massimo. $\partial F(Q)$ ha termini negativi. Producendo lo vado a π^* negativi

Trovato il LS ottimale qual è la produzione ottimale?
Per noi

$$LS_I = \frac{m}{m+c} = \frac{50}{50+20} = 0.714 = 71,4\%$$

Il punto ottimale è l'x tale per cui alla sinistra di x ho il 71,4% della probabilità.



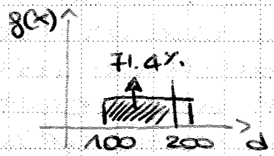
standardizzo $Q = 268 + z(71.4\%)\cdot 174$

tabelle $z = 0.56$

$Q = 268 + 0.56\times 174 = 365$

mi conviene sovraprodurre e anche tanto!

Se $d \sim U[100, 200]$



$Q = (200-100)\times 0.714 + 100 = 171,4$

Nella prima campagna di produzione produco la giacca blu e ne produco 365 { producessi 364 - π^* lievemente >0 } non cambia nulla!
producessi 366 - π^* lievemente <0

Il modello del newsvendor è utile perché in non tutte le organizzazioni ci si può basare su molta esperienza come per esempio possono fare i panettieri.

© Previsione e Pianificazione II.
A Las Vegas riceviamo l'80% degli ordini e la giacca verde non è ancora stata prodotta.
Nuovo dato dopo Las Vegas: vendite giacca verde = 160 pezzi.
previsione iniziale per la giacca verde = 123 ← va rivista, come?

$$160:80 = x:100 \rightarrow x = \frac{160\cdot 100}{80} = 200$$ NUOVA PREVISIONE sostanzialmente perfettamente esatta (con l'80% degli ordini non sbaglio più)

Come pianifico? Quanti pezzi faccio? Esattamente la stessa cosa di prima ma l'ò meno incertezza

$$LS_I = \int_0^N f(x)\,dx = \sum_{i=0}^{N} f(x)$$ = PROBABILITÀ di SODDISFARE TUTTI I CLIENTI

(EX POST → i periodi in cui non sono andato in STOCKOUT diviso i periodi totali).

d < qta disp, $x<N$ — d > qta disp, $x>N$

$$LS_{II} = \frac{\int_0^N x f(x)\,dx + \int_N^{+\infty} N f(x)\,dx}{\int_0^{+\infty} x f(x)\,dx}$$ = Percentuale di CLIENTI SODDISFATTI

$$= \frac{E(x) - \int_N^{+\infty} (x-N) f(x)\,dx}{E(x)}$$

clienti insoddisfatti = quando $x>N$ (EX ANTE)

(EX POST → pezzi venduti sul numero di clienti presentati a richiedere il pezzo in questione)

LS_I e LS_{II} sono due numeri molto diversi tra loro

ESERCIZIO

Periodi 10   ogni giorno abbiamo scorta pari a 2pz
domanda 1 per tutti i periodi tranne che per il 6 in cui $d=11$
stockout 0 per tutti i periodi tranne che per 6 in cui $SO = 1$

$LS_I = 90\%$ (9 periodi su 10 non ho stockout)
$LS_{II} = 55\% = \frac{11}{20}$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d	98	101	99	102	103	97	98	94	102	106
scorta	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
so	0	1	0	2	3	0	0	0	2	6
ds	98	101	99	102	103	97	98	94	102	106

$d_{TOT} = 1000$

$LS_I = \frac{5}{10} = 50\%$ 5 periodi su 10 vado in stockout

$LS_{II} = 98{,}6\% = 1 - \frac{14}{1000}$

LS_I si misura sempre sulla percentuale di periodi e bisogna ben definire il periodo cui fa riferimento.

* Newsvendor Multiprodotto

Statico e affetto da incertezza come il monoprodotto.
Abbiamo I prodotti i con distribuzione $f(x)$ margini m_i e costi del prodotto c_i. Ciascun prodotto costa alla nostra azienda r_i e l'azienda ha limitata capacità R, per cui

$$\sum_{i=1}^{I} q_i r_i \le R$$

ES. compro a 100 — $r_i = 100$
vendo a 200 — $m_i = 100 = 200 - 100$
svendo ad 80 — $c_i = 20 = 100 - 80$

$M_A = 100 - 60 = 40$ $\quad CS_{I,A} = \frac{40}{40+20} = 66.7\% = 0.667$ → più basso c'è perché ha grande costo di svalutazione (20€) rispetto al margine (40€)

$c_A = 60 - 40 = 20$

$Q_A^* = \mu + z(CS_I)\sigma = 1000 + z(0.67)\sigma = 1000 + 0.43 \times 250 = 1108$

$M_B = 130 - 70 = 60$ $\quad CS_{I,B} = \frac{60}{60+20} = 0.75$

$c_B = 70 - 50 = 20$

$Q_B^* = 500 + z(0.75) \times 300 = 500 + 0.675 \times 300 = 702$

$M_C = 170 - 80 = 90$ $\quad CS_{I,C} = \frac{90}{90+20} = 0.818$

$c_C = 80 - 60 = 20$

$Q_C^* = 500 + 0.91 \times 350 = 818$

$M_D = 80 - 50 = 30$ $\quad CS_{I,D} = \frac{30}{30+5} = 0.857$

$c_D = 50 - 45 = 5$

$Q_D^* = 1500 + 1.07 \times 100 = 1607$

$M_E = 80 - 50 = 30$ $\quad CS_{I,E} = \frac{30}{30+5} = 0.857$

$c_E = 50 - 45 = 5$

$Q_E^* = 2000 + 1.07 \times 350 = 2374$ → tengo più E rispetto a D perché ha più incertezza e più alto E(d)

hanno il più alto CS_I perché hanno buoni margini (30€) e basso costo di svalutazione (5€)

	A	B	C	D	E
costo ottimo d'acquisto:	$1108 \times 60 = 66480€$	$702 \times 70 = 49140€$	$818 \times 80 = 65440€$	$1607 \times 50 = 80350€$	$2374 \times 50 = 118700$

$\sum_{i=A}^{E} Q_i r_i = 66480 + 49140 + 65440 + 80350 + 118700 = 380110 > 330000 = R$

→ Il vincolo è stringente ⇒ Dobbiamo aggiungere un costo opportunità

$\lambda_1 = 0.1$

$CS_I^A = \frac{40 - 0.1 \times 60}{40 + 20} = \frac{34}{60} = 0.5667$ $\quad Q_A^* = 1000 + 0.17 \times 250 = 1042$

$CS_I^B = \frac{60 - 0.1 \times 70}{60+20} = \frac{53}{80} = 0.6625$ $\quad Q_B^* = 500 + 0.42 \times 300 = 626$

$CS_I^C = \frac{90 - 0.1 \times 80}{90+20} = \frac{82}{110} = 0.745$ $\quad Q_C^* = 500 + 0.66 \times 350 = 731$

$CS_I^D = \frac{30 - 0.1 \times 50}{30+5} = \frac{25}{35} = 0.714$ $\quad Q_D^* = 1500 + 0.56 \times 100 = 1556$

$CS_I^E = \frac{30 - 0.1 \times 50}{30+5} = \frac{25}{35} = 0.714$ $\quad Q_E^* = 2000 + 0.56 \times 350 = 2196$

$\sum_{i=A}^{E} Q_i r_i = 1042 \times 60 + 626 \times 70 + 731 \times 80 + 1556 \times 50 + 2196 \times 50 = 352420 > 330000 = R$

alzo λ → $\lambda_2 = 0.197$

$CS_I^A = \frac{40 - 0.197 \times 60}{60} = 0.470$ $\quad Q_A^* = 1000 + 0.07 \times 250 = 981$

Torino, 08 Maggio 2013

· Operational Execution at Arrow Electronics

In questo settore i margini sono molto bassi (intorno al 15%). Cosa capita in caso di stockout? Esiste un Cso esplicito (→ penale)
Ma anche un Cso implicito (→ blocco la catena produttiva del mio cliente)

Arrow è un'azienda molto grande, ha un fatturato di circa 10 miliardi di $ (miliardi ⇒ parametro macroeconomico) e ha, in giro per gli Stati Uniti, 5 magazzini (intorno ai 20Km²/magazzino)
↳ INVENTORY RISK POOLING → costi di magazzino + obsolescenza
↳ MAGGIOR CONTROLLO

Arrow sfrutta le economie di scala, ⇒ compra lotti grandi (← potere contrattuale) da fornitori grandi → riduce i CTRASP
⇒ ha un CF per un SI che distribuisce su livello grande
La rotazione delle scorte cresce con √d → ho un bisogno di scorte rispetto al fatturato, minore. Il risk pooling mi fa diminuire le ss.

Arrow compra nuove aziende e ne chiude i magazzini, il modello delle scorte rispecchia il modello organizzativo dell'azienda: ha tanti uffici vendita (202) con pochi magazzini (5).

EXECUTION ⇒ è molto importante, cambia la struttura dei costi dell'azienda
- Per consegnare in tempo → ordini presi dal SI = a volte prometto ciò che non c'è → doppi acquisti, incentivo a sovrastoccare.
- obsolescenza perché abbasso la rotazione del magazzino.
  ↳ pezzi che non si pensa siano in magazzino, ruotano ancora meno e invecchiano fisicamente.
- Nel caso un pezzo non si trovasse ← Aumentano i CTRASP
  Costi di personale per cercarlo
- Se il SI non è affidabile, quando arriva un ordine devo verificare che il pezzo ci sia realmente (↑CPERSONALE venditore + magazziniere) in più non trovando il pezzo, potrei perdere il cliente che magari si rivolgerebbe ad un competitor.

* Perché si genera inaccuracy?
- Errori del personale
  ↳ FASE STORE: mettono il pezzo in una cella diversa
  ↳ FASE TRASPORTO e CARICO: danneggiano il pezzo
  ↳ FASE STORE e PICKING: sbagliano a contare
- Disallineamento tra SI e processi operativi
  ↳ velocità e sequenziamento degli ordini.
- Flessibilità → permettere di tutto pur di vendere genera caos.

* Come si ottiene accuracy?
- Allineamento tra SI e processi operativi
- Più controlli di magazzini ← Zero Balance Walk
  Double Check → costoso ma evita errori umani
  21 Persone Centrali
- Processi prescrittivi = ognuno ha il proprio compito e fa solo quello
- ATTENZIONE del MANAGEMENT
- scarico del lavoro verso il basso (→ delega) = RESPONSABILITÀ
  → il magazziniere è responsabile dell'inventory, ... in ogni transazione c'è scritto chi l'ha fatta. (caso Toyota)
- Meno flessibilità → le regole vanno rispettate.

L'obiettivo di VillageReach è riuscire a portare il numero necessario di vaccini, ma soprattutto in tutti i punti del Mozambico, anche in quelli più difficili da raggiungere.

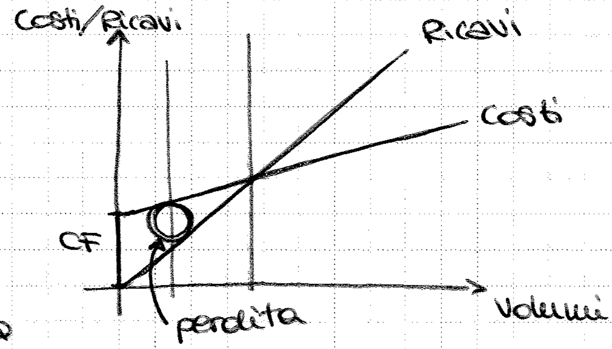
VillageReach senza Vidagas non funzionerebbe perché senza carburante non sarebbe possibile realizzare questi progetti.
Si usa il GPL piuttosto che l'energia solare perché il costo del solare ed il suo valore sono molto elevati che indurrebbe la popolazione a rubarli, VALORE TROPPO ALTO per la SOCIETÀ in cui SAREBBERO UTILIZZATI.

Perché GPL for PROFIT (e non fatto da un'altra organizzazione no profit)?
- Affidabilità
- Organizzazione Dipendente
- Tasse
- Capacità di Servizio (abbondante rispetto alle necessità)
- Sviluppo → Case
  Hotels e Ristoranti

Perché Vidagas riesce a distribuire GPL dove tanti altri hanno fallito
- → Servizio CHIAVI in MANO, oltre al GPL fornisce l'attrezzatura per utilizzarlo
- → Assistenza (persone istruite e capaci)
- → Credito (aiuti per consentire gli acquisti dei beni durevoli)
- → Costo (ridotto del 25% rispetto al carbone oltre al GRASP)
- → Impatto ambientale (meno tossico del carbone)
- → Cliente guida (VillageReach garantisce una domanda minima)
- → Personalità influenti per l'acquisto dal Sud Africa (Mandela, la moglie,
- → Affidabilità delle forniture (Garantita e resa credibile da VillageReach + fa buona pubblicità)

Vidagas ha un modello economico sostenibile? Per ora l'azienda è in perdita! Distrugge e non crea valore, non è un modello sostenibile. Però c'è la possibilità di aumentare i volumi di vendita → ci potrebbero essere economie di scala
↓ oppure
ragiono sul BEP

(vedi Exhibit 8)



$m\% < 30\%$
↳ $(p - cv)Q$ (prezzo, cvar)

$C_{TOT} = 94.6\% = CF + CV \cdot Q$

$$\boxed{BEP = \frac{CF}{m} \cong 1\,M\$}$$

m è minore del 30% perché ci sono dei CV

Bisogna quadruplicare i volumi di fatturato, è possibile?
Non sembra così impossibile perché ci sono molte aziende che vorrebbero comprare VidaGas.
Considerando il consumo di GPL in funzione della ricchezza dello Stato è possibile quadruplicare i volumi?
→ Dimensionamento del Nord Mozambico (somma della popolazione da Exhibit 10) e moltiplico per 0.73 (Exhibit 2)
Ora VidaGas vende circa e potrebbe espandere i propri volumi di circa 10 volte (espansione del 100%) ed è fattibile!
Il Mozambico consuma meno ma c'è domanda inespressa dovuta alla mancanza del prodotto.

$$\sum_{i=1}^{N} \mu_i + z \sum_{i=1}^{N} \sigma_i = \frac{R}{r}$$

$$\boxed{z = \frac{\frac{R}{r} - \sum_{i=1}^{N} \mu_i}{\sum_{i=1}^{n} \sigma_i}}$$

tutto ciò vale anche nel caso in cui diversi μ_i, diversi c_i e diversi r_i sono tra loro proporzionali (tramite i bundle).

ESERCIZIO

$R = 180000$ \$

Prodotti	D	E
costo	80	80
prezzo	50	50
svendita	45	45
E(d)	1500	2000
σ	100	350

$Q^*_D = ?$

$Q^*_E = ?$

$m = 80 - 50 = 30$ \$

$c = 50 - 45 = 5$ \$

$CS_I = \frac{m}{m+c} = \frac{30}{30+5} = 0.857$ ← hanno parametri economici uguali = stesso CS_I

$Q^* = \mu + z\sigma$ $\qquad z = 1.07$

$Q^*_D = 1500 + 1.07 \times 100 = 1607$

$Q^*_E = 2000 + 1.07 \times 350 = 2374$

$\sum_{i=D}^{E} Q_i r_i = 1607 \times 50 + 2374 \times 50 = 199050 > 180000 = R$ il vincolo è stringente

$Q^*_D = 1500 + z\,100$

$Q^*_E = 2000 + z\,350$

$(3500 + z450)\,50 = 180000$ $\qquad \sum_{i=1}^{n} E(d_i) + z \sum_{i=1}^{n} \sigma_i = R$

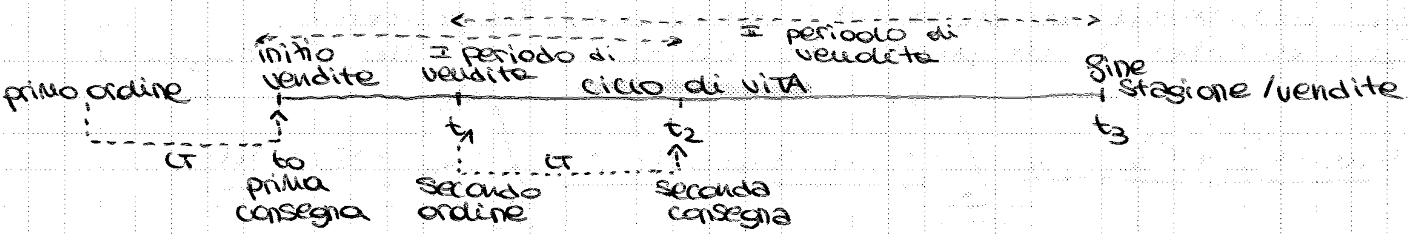
$$z = \frac{\frac{180000}{50} - 3500}{450} = 0.22$$

$Q^*_D = 1500 + 0.22 \times 100 = 1522$

$Q^*_E = 2000 + 0.22 \times 350 = 2077$

* Il Newsvendor a due periodi

Posso fare un primo ordine prima del ciclo di vita e poi un secondo ordine durante il ciclo di vita.



1. Dimensiono il secondo ordine (più facile) → è come il newsvendor con la differenza che c'è merce in magazzino. La domanda su cui dimensionare le scorte è quella relativa al II periodo di vendita (da t_1 a t_3) sotto le ipotesi di backlog; è invece relativa al II periodo di vendita che va da t_2 e t_3 dovendo però anche capire il valore atteso delle scorte in t_2 (è una cosa molto complessa)

Aumentando le Q rischio che mi avanzi più roba ma riduco le probabilità di stockout. Rispetto al newsvendor la differenza è che ho due $F(Q_I)$ diverse, posso procedere solo per tentativi, non è una eq di primo grado.
Come troviamo la Q_I^*? Per tentativi, abbiamo bisogno di un criterio per capire se Q_I è troppo alto o troppo basso

- Se $m(1 - F_{d_I}(Q_I)) > cF_{d_T}(Q_I)$: Q_I è troppo piccolo, ciò che guadagno dal prodotto è più alto del suo costo di mantenimento. Alzo Q_I
- Se $m(1 - F_{d_I}(Q_I)) < cF_{d_T}(Q_I)$: Q_I è troppo grande. Abbasso Q_I perché il costo di mantenimento è più grande del guadagno
- $m(1 - F_{d_I}(Q_I)) = cF_{d_T}(Q_I)$: OTTIMO

Problemi Dinamici

Sono problemi in cui il ciclo di vita del prodotto è sostanzialmente infinito.

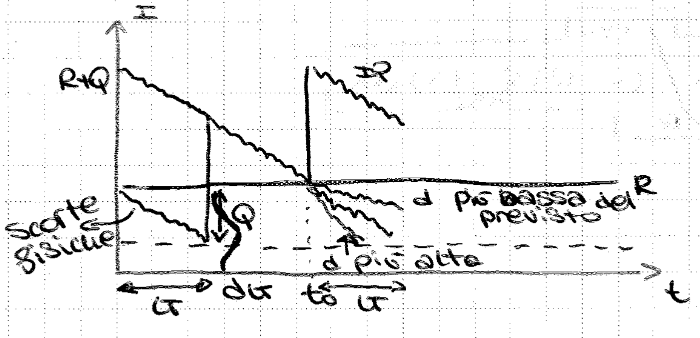
Modello (Q,R)

In condizioni di incertezza non è più vero che fissata la quantità Q è automaticamente determinata la frequenza di riordino (e viceversa). Posso fissare il quanto ordino (o il quando ordino) lasciando che il quando (quanto) si adatti al comportamento della domanda → MODELLI A QUANTITA' FISSA (a PERIODO FISSO)

(Q,R) è a quantità fissa. Ogni volta che le scorte disponibili toccano il livello R ordino una quantità Q. ⇒ Devo conoscere in ogni istante di tempo le scorte = continuous review. Quali costi sono rilevanti per questo modello? Il costo di ORDINAZIONE che dipendono da Q, salgono proporzionalmente con il salire di d/Q; costo di MANTENIMENTO che dipende da Q (scorta di ciclo) e da R; costo di STOCKOUT in funzione di R e Q.

Torino, 08 Maggio 2013

Q guida il quanto ordino, R guida il quando ordino.



Scorta di ciclo + scorta di sicurezza

che se la domanda va come previsto non la tocco mai

$$SS = R - E(d) \times LT = R - E(d_{LT})$$

Es. $R = 150$, $E(d) = 100$, $LT = 1\,set$ $SS = 150 - 100 \times 1 = 50$

le uso solo quando la d eccede il suo valore atteso

Quando piazzo un ordine e aspetto che la merce arrivi dal fornitore sono nel PERIODO di FUORI CONTROLLO = non posso far altro che sperare che la mia quantità R basti a coprire la domanda → periodo di rischio. da t_0 a $(t_0+LT)^-$ (= un secondo prima che mi arrivi la merce).

$$I(t_0 + LT^-) = R - d_{LT}$$ (cost var casuale)

Hp: $d_{LT} \sim N$ se ho $SS = 0 \rightarrow LS_I = 50$

$$C_{TOT} = C_{IN} + C_{OR} + C_{SO}$$

$$C_{IN} = h\bar{I}$$

le nostre scorte hanno un andamento ciclico

$$\frac{\partial G_{TOT}}{\partial Q} = \frac{h}{2} - \frac{A\,\mathbb{E}(d)}{Q^2} - p_U \frac{\mathbb{E}(d)}{Q^2} n(R) = 0$$

$$\frac{h}{2} = \frac{1}{Q^2}\left(A\,\mathbb{E}(d) + p_U\,\mathbb{E}(d) \times n(R)\right)$$

$$Q^2 = \frac{2\,\mathbb{E}(d)(A + p_U \times n(R))}{h} \qquad \boxed{Q^* = \sqrt{\frac{2\,\mathbb{E}(d)(A + p_U\, n(R))}{h}}}$$ simile all'EOQ

$Q^* > Q^*_{EOQ}$

il costo di ordinazione A è maggiorato di un costo $p_U \times n(R)$ = costo atteso legato all'insoddisfacimento di un cliente in un ciclo di ordinazione

$$\frac{\partial G_{TOT}}{\partial R} = h + p_U \times \frac{\mathbb{E}(d)}{Q}\int_R^{+\infty} -f_{d_{LT}}(x)\,dx + 0 - 1 \times 0 = h + p_U \times \frac{\mathbb{E}(d)}{Q} \times \left[-(1 - F_{d_{LT}}(R))\right]$$ Leibnitz

$$= h - p_U \frac{\mathbb{E}(d)}{Q}(1 - F_{d_{LT}}(R))$$

Aumentando di un'unità R, il G_{TOT} da un lato sale (ho più ss) di h, però il pezzo il più verrà usato un numero di volte pari al numero di cicli nell'anno e avrò benefici per la probabilità di volte di usare que pezzo in più.

$$\boxed{F_{d_{LT}}(R) = 1 - \frac{h Q^*}{p_U\,\mathbb{E}(d)}}$$

mi fermo ad investire in scorte quando h è pari al costo dello so
ritorno dell'investimento (MARGINALMENTE DECRESCENTE)

Torino, 13 Maggio 2013

Tutto ciò ha un difetto, non si può usare così perché R^* dipende da Q^* e Q^* dipende da R^*

STRATEGIA di SOLUZIONE: ragioniamo per APPROSSIMAZIONI SUCCESSIVE.
Partendo da un Q_0 ragionevole $(Q_0 = EOQ)$

$$Q_0 \Rightarrow F(R_1) = 1 - \frac{h Q_0}{p_U\,\mathbb{E}(d)} \Rightarrow R_1$$

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2\,\mathbb{E}(d) A}{h}} \qquad Q_1 = \sqrt{\frac{2\,\mathbb{E}(d)(A + p_U\, n(R_1))}{h}} \Rightarrow F(R_2) \Rightarrow R_2$$

Cerchiamo la soluzione ottimale iterativamente e ci fermiamo quando $\underline{R_n \cong R_{n-1}}$

$$n(R) = \sigma \times \delta(z) = \sigma \times \int_{z \to R \text{ normalizzato}}^{+\infty} (t - z)\phi(t)\,dt$$ distribuzione normalizzata

LOSS FUNCTION = supponendo una normale standard, rappresenta ciò che perdo su z.

ESERCIZIO

$\mathbb{E}(d_{year}) = 200$ pz costo prod $= 10$ €/pz $h = 20\%/y = 0.1/_{6M}$
$\mathbb{E}(d_{6M}) = 100$ pz $p_U = 25$ € $LT = 6$ mesi
$\sigma_{6M} = 25$ pz $A = 50$ €

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2\,\mathbb{E}(d) A}{h}} = \sqrt{\frac{2 \times 100 \times 50}{0.1 \times 10}} = \sqrt{10000} = 100 \text{ pz}$$

$$F(R_1) = 1 - \frac{h Q_0}{p_U\,\mathbb{E}(d)} = 1 - \frac{(0.1 \times 10) \times 100}{25 \times 100} = 0.96$$

Durante un ciclo ordino Q pezzi e posso perdere $n(R) = Q(1-\beta)$ clienti.

$$n(R) = 100(1-0.95) = 100 \times 0.05 = 5$$

$$n(R) = \sigma_{\tau} \delta(z) \rightarrow \delta(z) = \frac{n(R)}{\sigma_{\tau}} = \frac{5}{25} = 0.2$$

$$\rightarrow z = 0.49$$

$$R = 100 + 0.49 \times 25 = 112,25 \text{ pz}$$

Perché prima con $CS_I = 0.956$ avevo $R = 143$ pz e ora con $CS_{II} = 95\%$ ho $R = 112,25$ pz? I CS sono diversi! Uno type I e l'altro type II, non c'entrano nulla l'uno con l'altro, rappresentano cose diverse.

$$h - p_u \frac{E(d)}{Q}(1 - F_{d\tau}(R)) = 0 \qquad Q = \sqrt{\frac{2E(d)(A + p_u \times n(R))}{h}}$$

p_u è basso se il CS è basso, alto altrimenti

$$\underline{p_u = \frac{h \times Q}{E(d_\tau)(1 - F_{d\tau}(R))}}$$

sostituisco la formula di p_u nella formula di Q

$$Q = \sqrt{\frac{2E(d)\left(A + \frac{h \times Q}{E(d_\tau)(1-F_{d\tau}(R))} \times n(R)\right)}{h}}$$

!! Q è in funzione di Q
!! la sappiamo risolvere → è un'equazione di II grado

$$Q^2 = \frac{2E(d)A}{h} + \frac{2(n(R))}{1 - F_{d\tau}(R)} Q$$

$$Q^2 - \frac{2n(R)}{1 - F_{d\tau}(R)} Q - \frac{2E(d)A}{h} = 0$$

prendo + perché Q DEVE essere > 0, infatti $\sqrt{\ }$ è $>$ di $\frac{2n(R)}{1-F(R)}$

$$Q = \frac{\frac{\cancel{2}n(R)}{1 - F_{d\tau}(R)} \pm \sqrt{\left(\frac{2n(R)}{1 - F_{d\tau}(R)}\right)^2 + \cancel{4}\left(\frac{2E(d)A}{h}\right)}}{\cancel{2}}$$

$$\boxed{Q^* = \frac{n(R)}{1 - F_{d\tau}(R)} + \sqrt{\left(\frac{n(R)}{1 - F_{d\tau}(R)}\right)^2 + \frac{2E(d)A}{h}}}$$

PROBLEMA: non ci dice che coppia di (Q,R) prendere

In questo caso il Q^* è strettamente maggiore di Q_{EOQ} perché i termini $\frac{n(R^*)}{1 - F_{d\tau}(R^*)}$ tengono esplicitamente conto della possibilità che si verifichi uno stockout.

Dobbiamo alzare Q_{EOQ} aggiungendovi $(1-\beta)Q = n(R)$ che è una stima implicita di p_u. β basso $\Rightarrow p_u$ basso
β alto $\Rightarrow p_u$ alto

Di nuovo però, Q è in funzione di R ed R in funzione di Q.
Partiamo da $Q_0 = EOQ$ e con $(1-\beta)Q = n(R)$ troviamo R_1 e così via.

Torino, 14 Maggio 2013

* Gestione (Q,R) in caso di vincolo sul livello di servizio type I

$$G_{TOT} = \underbrace{A \cdot \frac{\mathbb{E}(d)}{Q} + h\frac{Q}{2}}_{\substack{EOQ \\ \to \text{ottimutto}}} + \underbrace{h \times (R - \mathbb{E}(d_{LT}) + p\frac{\mathbb{E}(d)}{Q}\int_R^{+\infty}(x-R)\, g_{d_{LT}}(x)\,dx}_{\text{costo vincolato alla probabilità di andare in stockout}}$$

$$Q = \sqrt{\frac{2A\,\mathbb{E}(d)}{h}} \qquad R = \overset{LS_I}{\alpha} \to F_{d_{LT}}(R) = \alpha \qquad \text{se } \alpha = 0.95 \to z = 1.65$$

$$R = 100 + 25 \times 1.65 = 141{,}25$$

Questo $R = 141,25$ è associato ad un $LS_I = 95\%$ mentre prima a fronte di un $LS_{II} = 95\%$ avevamo un $R = 112,25$. Perché sono così diversi? Perché con un LS_I posso anche andare in stockout mentre con il LS_I il 95% delle volte non voglio andare in stockout. In ~~co~~ funzione di un $LS_I = 95\%$ avrò un LS_{II} molto più alto

ES.
$LS_I = 0.95$ $\qquad LS_{II} = ?$
$R = 141,25$
$Q = 100$

$$F(R) = \qquad z = \frac{R-\mu}{\sigma} = \frac{141.25 - 100}{25} = 1.65 \to F(R) = 0.9505$$

$$n(R) = 25\, g(1.65) = 25 \times 0.0206 = 0.515$$

$$(1-\beta) \times 100 = 0.515 \to \beta = 1 - \frac{0.515}{100} = 0.995$$

$LS_{II} = 99,5\%$

In un anno ho il 5% per il numero di cicli all'anno di andare in stockout
$\to 0.05 \times 2 = 0.1$ stockout all'anno

Come faccio a scrivere che in un anno non voglio più di 0,.. stockout ~~desid~~ in un anno?

Modelli a Periodo Fisso

Ordino ogni N periodi $\to$ avrò un periodo di fuori controllo più lungo $\Rightarrow$ le quantità saranno più alte rispetto al modello (Q,R).
Perché li usiamo? Perché il (Q,R) è a singolo prodotto ed è molto difficile da applicare ai multi prodotto. E' molto più facile forzare tutti i prodotti ad essere ordinati nello stesso periodo tramite modelli di periodic review (tipo modello S) in modo che i prodotti viaggino insieme, siano sincronizzati.
Nei sistemi periodic review, una volta ogni N periodi controlliamo le scorte, il $\mathbb{E}(d)$, gli ordini in arrivo e decidiamo quanto ordinare l'ordine effettuato arriverà LT periodi dopo.
Il PERIODO di FUORI CONTROLLO è uguale al LT più la frequenza:
$PFC = N + LT$

Esempio
$N = 52$ settimane $\qquad$ dimensionando le scorte solo sul LT rimarremmo
$LT = 1$ settimana $\qquad$ senza merce dopo 2,3 sett. Dimensionando su LT+N

$$G_{TOT} = C_{IN} + C_{OR} + C_{SO}(d_{iu}) =$$
$$= h\times(S - \mathbb{E}(d)(LT + {}^{\tau}/_{2})) + \frac{A}{\tau} + p_0 \times \frac{1}{\tau}\int_S^{+\infty}(x-S)\, f_{d_{\tau+LT}}(x)\,dx$$
$$= h(S - \mathbb{E}(d)(LT + {}^{\tau}/_{2})) + \frac{A}{\tau} + \frac{p_0 \times n(S)}{\tau}$$

Ottimizzo rispetto ai parametri di controllo τ ed S

$$\frac{\partial G_{TOT}}{\partial S} = h + \frac{p_0}{\tau}\frac{\partial n(S)}{\partial S} = h + \frac{p_0}{\tau}\cdot\left(0 - 1\times 0 + \int_S^{+\infty} - f_{d_{\tau+LT}}(x)\,dx\right) =$$

(1) $$= h - \frac{p_0}{\tau}\int_S^{+\infty} f_{d_{\tau+LT}}(x)\,dx = \underline{h - \frac{p_0}{\tau}}\,\underline{\left[1 - F_{d_{\tau+LT}}(x)\right]} = 0$$

$$\frac{\partial G_{TOT}}{\partial \tau} = -h\frac{\mathbb{E}(d)}{2} - \frac{A}{\tau^2} - \frac{p_0 n(S)}{\tau^2} + \frac{p_0}{\tau}\frac{\partial n(S)}{\partial \tau}$$ ← non so farla perché non so come cambia la $f_{d_{LT+\tau}}(x)$ in funzione del PFC.

Uso (1) per fissare S e fisso τ in modo che in media la mia quantità ordinata Q sia pari all'EOQ. $\tau \mid Q = Q_{EOQ}$

Esempio

$LT = 6$ mesi $\quad A = 50€ \quad \mathbb{E}(d_{anno}) = 200 \quad \tau = ?$

$\mathbb{E}(d) = 100 \quad p_0 = 25€ \quad S = ?$

$\sigma_{LT} = 25 \quad h = 0.1\times 10 = 1$

$\sigma_{year} = 25\times\sqrt{2}$

$$Q = \sqrt{\frac{2\mathbb{E}(d)A}{h}} = \sqrt{\frac{2\times 100\times 50}{1}} = 100 \text{ pezzi}$$ $\boxed{\tau = \sqrt{\frac{2A}{\mathbb{E}(d)h}}}$

$\tau = 0{,}5$ anni $= 6$ mesi perché $Q = 100$, $\mathbb{E}(d_{6m}) = 100$
devo fare 2 ordini all'anno → ordino ogni 6 mesi

$$\frac{1}{\tau} = \frac{\mathbb{E}(d)}{Q} \rightarrow \tau = \frac{Q}{\mathbb{E}(d)} = \frac{\sqrt{\frac{2\mathbb{E}(d)A}{h}}}{\mathbb{E}(d)} = \sqrt{\frac{2\mathbb{E}(d)A}{h\,\mathbb{E}(d)^2}} \Rightarrow$$

$$\tau = \sqrt{\frac{2A}{h\,\mathbb{E}(d)}} \quad \text{cvd}$$

$$\tau = \frac{100}{2\times 100} = \frac{1}{2} = \boxed{0.5} \text{ ordini/anno}$$

$$h - \frac{p_0}{\tau} = {}^{p_0}/_{\tau}\, F_{d_{\tau+LT}}(S) \rightarrow F_{d_{\tau+LT}}(S) = \frac{{}^{p_0}/_{\tau} - h}{{}^{p_0}/_{\tau}}$$

$$\boxed{F_{d_{\tau+LT}}(S) = \frac{p_0 - h\tau}{p_0}}$$ ← simile al newsvendor ⇒ beneficio delle scorte − il costo di mantenimento delle scorte in un ciclo.

$\underbrace{p_0 - h\tau}_{\text{ciò che guadagno se mi va bene}} + h\tau$ ← ciò che perdo se mi va male

Perché dimensioniamo le scorte su τ più LT mentre paghiamo le scorte solo per τ? Perché l'effetto sul magazzino fisico, LT non c'è perché in quel periodo le scorte non stanno nel magazzino

$$F_{d_{\tau+LT}}(S) = \frac{25€/pz - 2€/y\cdot pz \times 0.5y}{25€/pz} = \frac{23}{25} = 0.96$$

Se dovessimo generare $E(d_{LT})$ e σ_{LT} da una previsione da noi effettuata? Con LT = 6 mesi e domanda stazionaria; qual è il legame tra previsione e dimensionamento delle scorte?

tb = 6 mesi, PFC = 12 mesi

→ $E(d)$ sarà la previsione per i prossimi due periodi (PFC) sommate
σ sarà uno scarto quadratico tra la mia domanda effettiva e la mia previsione: $\sigma = RMSE$ (oppure $\sigma = RMSE\% \times E(d)$)

calcolato sulla d nei 6 mesi moltiplicata per $\sqrt{2}$ (passo dai 6 ai 12 mesi). oppure prendo RMSE sulla domanda dei 12 mesi

(es 5.29 libro in inglese)

Modello (S, s)

Periodic Review.
Il modello S ha un problema: se in un periodo R consumo un livello delle scorte di un ε (piccolo); ho il magazzino quasi pieno, ma la politica S mi fa effettuare un ordine di ε il cui valore potrebbe essere minore dei costi di ordinazione o di trasporto.
Ogni R periodi riporti il livello delle scorte ad S se e solo se la tua IP è minore o uguale ad s. Se $s \leq IP \leq S$ non faccio nulla. Garantisce dei quantitativi minimi ordinati.
!! È molto difficile come politica → ho le stesse voci di costo della politica S e 3 parametri di controllo s, S, R; la cui relazione è molto complessa.

$C_{OE} = \frac{A}{R}$ → s potrebbe far saltare qualche ordine! IP condizionate ai periodi passati molto complesse

C_{SO} → diventa un problema perché all'inizio di un nuovo ciclo potrei non aver ricevuto un nuovo ordine perché $s \leq IP \leq S$. Come faccio a sapere la $P(SO)$?

C_{IN} → all'inizio di ogni ciclo non so qual è il livello delle scorte ⇒ non so il livello di $\bar{I}$.

Possibili soluzioni:
- comparare (s, S) ad un (Q, R) con la differenza che siamo in periodic review e non in continuous review. $(S-s) \rightarrow EOQ$, $s \rightarrow R$ } funziona con R piccolo

l'approssimazione è tanto più grande quanto più grande è R

Esempio

$R = 1$ mese, $S = 250$
$E(d_R) = 100$, $s = 100$
$\sigma_R = 10$

→ ordine medio ≅ 150 ⇒ invece no! ordine medio ≅ 200!!! perché R è lungo

0 → ordino ⇒ $IP = 250$
1 → $IP = 250 - d_1$ ⇒ $E(IP_1) = IP_0 - E(d_1) = 250 - 100 = 150$
$IP_1 \sim N(150, 10)$
al periodo 1 quasi certamente non ordinerò
2 → $IP_2 = IP_1 - d_2$ → $IP_2 \sim N(150 - 100, \sqrt{2}\,10) = N(50, \sqrt{2}\,10)$ → $d_1 \perp d_2$
ordinerò ~~sicu.~~ sicuramente. Quanto ordino?

$Q = S - IP_2 = 250 - 50 = \underline{200}$ ~~ord~~ perché R è molto alto