NUMERO: 607

DATA: 0409/2013

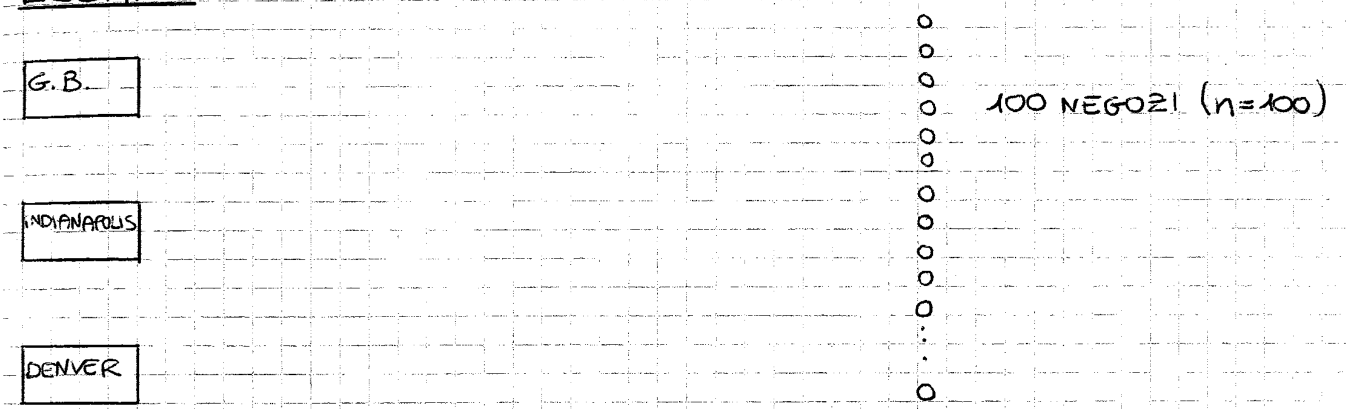
A P P U N T I

STUDENTE: Francia

MATERIA: Logistica di Distribuzione + Eserc.
Prof. Zotteri

- INTRODUZIONE: SCOPO DI CHIARIRE QUALI SONO LE VARIABILI IN UNA FILIERA DISTRIBUTIVA.
- PROGETTAZIONE DELLE RETI: UNA FILIERA DISTRIBUTIVA È FATTA INIZIALMENTE DA MAGAZZINI; NOI DOBBIAMO PROGETTARE I MAGAZZINI IN MODO DA POTER TRASPORTARE, IL PIÙ FACILMENTE POSSIBILE, I PRODOTTI DA UN POSTO AD UN ALTRO
- PREVISIONE DELLA DOMANDA
- GESTIONE DELLE SCORTE
  - DETERMINISTICI (SINGOLO MAGAZZINO)
  - INCERTEZZA (SINGOLO MAGAZZINO)
  - INCERTEZZA (MULTI-ECHELON, MULTI LIVELLO)
- VEHICLE ROUTING

ESEMPIO



	OGGETTO	COSTO	PESO
G.B.	COMPUTER	300 \$	5 LIBRE
IND.	TV + MONITOR	400 \$	10 LIBRE
DEN.	CONSOLE	100 \$	30 LIBRE

CAPACITÀ CAMION = 30'000 $\frac{\text{LIBRE}}{\text{CAMION}}$

COSTO VIAGGI = 1 \$/MIGLIO

DOMANDA = 10 PZ/GIORNO $\forall$ OGGETTO

DISTANZE TRA LE STAZIONI

	G.B	IND.	DEN.
G. B.		400 MIGLIA	1100 MIGLIA
IND.			1100 MIGLIA
DEN.			

DISTANZA DALLE STAZIONE AI NEGOZI

$d_{i,j}$ = 1000 MIGLIA

250 GIORNI LAVORATIVI

$h\%$ = 0,06% AL GIORNO $\quad h\%_{ANNO} = 0,06 \cdot 250 = 15\%$

VINCOLO: I CAMION POSSONO PARTIRE SOLO QUANDO SONO PIENI (FULL TRUCK LOAD)

DEVO DECIDERE SE USARE LA POLITICA A O LA B

COMPUTER $\forall$ CAMION = $\frac{30'000}{5}$ = 6000 PZ $\qquad$ TV O MONITOR $\forall$ CAMION = $\frac{30'000}{10}$ = 3000 PZ

TV E MONITOR $\forall$ CAMION = $\frac{30'000}{20}$ = 1500 PZ

CONSOLE $\forall$ CAMION = $\frac{30'000}{30}$ = 1000 PZ

	A	B
COSTO TRASPORTO	458340 \$	750007 \$
COSTO MAGAZZINO	23'482'500 \$	5243182 \$
COSTO TOTALE	23'940'840 \$	5993'182 \$

IL COSTO CON LA STRATEGIA B SI RIDUCE DI 4 VOLTE, CONVIENE INFATTI TRASPORTARE PRODOTTI DIVERSI CON CARATTERISTICHE COMPLEMENTARI COME IN QUESTO CASO (LE CONSOLE PESANO MOLTO E COSTANO POCO MENTRE GLI ALTRI PESANO MENO E COSTANO DI PIÙ IN QUESTO MODO INFATTI SI RIESCE A RIAPPROVVIGIONARE PRODOTTI COSTOSI MOLTO PIÙ SPESSO SFRUTTANDO IL BASSO COSTO DI TRASPORTO DEL CAMION RIEMPITO DI PRODOTTI POCO COSTOSI E PESANTI.

STRATEGIE A E B SENZA VINCOLO SUI CAMION

POLITICA A_1

$$Costo_{TOT} = \frac{d_{TOT}}{Q} \cdot A + \frac{Q}{2} \cdot h \cdot (n+1) \qquad Q = \sqrt{\frac{2 d_{TOT} \cdot A}{h \cdot (n+1)}}$$

G.B.

$Costo_{TOT\,G.B.} = 1'507'481$ \$/ANNO

$Q = 331,7$ PZ

$A = 1000$ \$/VIAGGIO $\qquad d_{TOT} = 250'000$ PZ/ANNO

$h = 0,15 \cdot 300 = 45$ \$/ANNO·PZ

DEN.

$A = 1000$ \$/VIAGGIO

$h = 0,15 \cdot 100 = 15$ \$/ANNO·PZ $\qquad d_{TOT} = 250'000$ PZ/ANNO

$Q = 574,5$ PEZZI

COSTO TOTALE$_{DEN}$ $= 870'344,8$ \$/ANNO

IND.

$A = 1000$ \$/VIAGGIO

$h = 0,15 \cdot 400 = 60$ \$/ANNO·PZ

$Q = 287,24$ PEZZI

COSTO TOTALE$_{IND}$ $= 3'479'924$ \$/ANNO

FACENDO COSÌ I DUE PRODOTTI VIAGGIANO SU CAMION SEPARATI

$A = 1000$ \$/VIAGGIO

$h = 0,15 \cdot 800 = 120$ \$/ANNO·PZ

$d_{TOT\,BUNDLE} = 250'000$ BUNDLE/ANNO

$Q = 203$ BUNDLE $= \sqrt{\frac{2 \cdot 250000 \cdot 1000}{120 \cdot (101)}} = 203$ BUNDLE

COSTO TOTALE$_{IND}$ $= 2'461'707$ \$/ANNO

FACENDO COSÌ I DUE PRODOTTI VIAGGIANO SULLO STESSO CAMION INTERAGENDO TRA LORO.

AGRICOLTORE NON PRODUCE SOLO PER IL SUO SOSTENTAMENTO PERMETTE L'APPROVVIGIONAMENTO DEGLI ESERCITI. LA PRODUZIONE È FACILE FINCHÉ GLI ESERCITI SONO PICCOLI, QUANDO GLI ESERCITI DIVENTANO PIÙ GRANDI TUTTO DIVENTA PIÙ COMPLICATO PERCHÉ QUESTO NON PUÒ PIÙ SOPRAVVIVERE DI QUELLO CHE TROVA. INOLTRE CON L'ARRIVO DELLE ARMI DA FUOCO L'ESERCITO OLTRE AL CIBO HA BISOGNO ANCHE DI RIFORNIMENTI DI ARMI, IL CHE COMPLICA ULTERIORMENTE LE COSE, INFATTI CON L'EVOLUZIONE TECNOLOGICA SONO MOLTE DI PIÙ LE PERSONE DIETRO LE QUINTE CHE SI OCCUPANO DI ORGANIZZAZIONE RISPETTO A QUELLE CHE VERAMENTE COMBATTONO.

GLI ESERCITI NAPOLEONICI, PER ESEMPIO, ERANO MOLTO GRANDI ED ERANO COSTRETTI A RIMANERE DISPERSI PER SOPRAVVIVERE MA AVEVANO UNA GRANDE ORGANIZZAZIONE PER RIUNIRSI ED ESSERE AL COMPLETO DURANTE LE BATTAGLIE.

QUEST'ARTE DI TENER UNITO UN ESERCITO DIVENTA UN'ARTE FONDAMENTALE PERCHÉ TUTTO L'ESERCITO NAPOLEONICO COMBATTEVA CONTRO PARTE DEGLI ESERCITI AVVERSARI CHE NON ERANO IN GRADO DI RIUNIRSI VELOCEMENTE PER LE BATTAGLIE.

CON IL PASSARE DEL TEMPO LA LOGISTICA È DIVENTATA ANCHE MATERIA CIVILE.

LA LOGISTICA SI PUÒ DIVIDERE IN:

LOGISTICA INDUSTRIALE → IN UN'AZIENDA INDUSTRIALE HA COME OBIETTIVO LA GESTIONE FISICA, INFORMATIVA ED ORGANIZZATIVA DEL FLUSSO DEI PRODOTTI DALLE FONTI DI APPROVVIGIONAMENTO AI CLIENTI FINALI.

A SECONDA DI COME FACCIO LE MOVIMENTAZIONI LE COSE CAMBIANO DI MOLTO (SINGOLI PEZZI O PALLET), PER ESEMPIO I CONTAINER SONO STANDARDIZZAZIONI CHE RENDONO PIÙ VELOCI E MENO COSTOSI I TRASPORTI (NOI NON CI DEDICHEREMO A QUESTA PARTE PERCHÉ È FACILMENTE IMPARABILE SUL CAMPO).

LOGISTICA DI DISTRIBUZIONE → RIGUARDA LE SCELTE GESTIONALI ED È QUESTA LA PARTE DI CUI NOI CI OCCUPEREMO.

FILIERA LOGISTICA

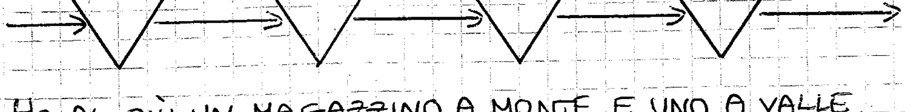
IN UNA FILIERA LOGISTICA SONO PRESENTI:

MAGAZZINI → SONO UN ACCUMULO DI SCORTE CHE POTENZIALMENTE POSSONO MODIFICARE LE MERCI CON COSTI E LEAD TIME.

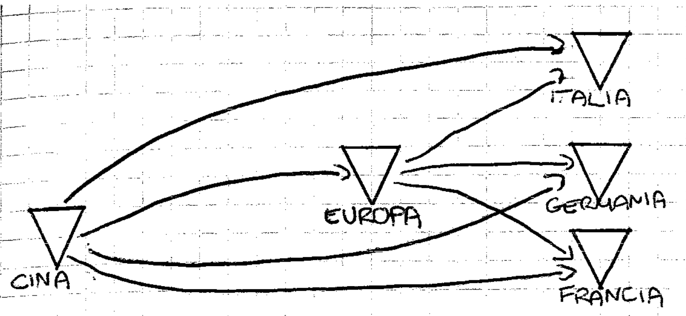
UNA RETE LOGISTICA È COSTITUITA DA PIÙ NODI SUI QUALI FLUISCONO PIÙ TIPI DI PRODOTTI

ESISTONO LE SEGUENTI STRUTTURE:

STRUTTURA O FILIERA LINEARE → INSIEME DI MAGAZZINI OGNUNO CON UN SOLO PUNTO DI USCITA E UNO DI ENTRATA.

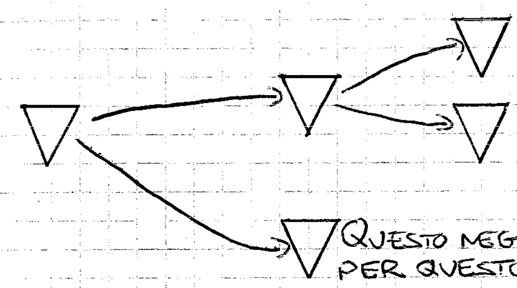


HO AL PIÙ UN MAGAZZINO A MONTE E UNO A VALLE.



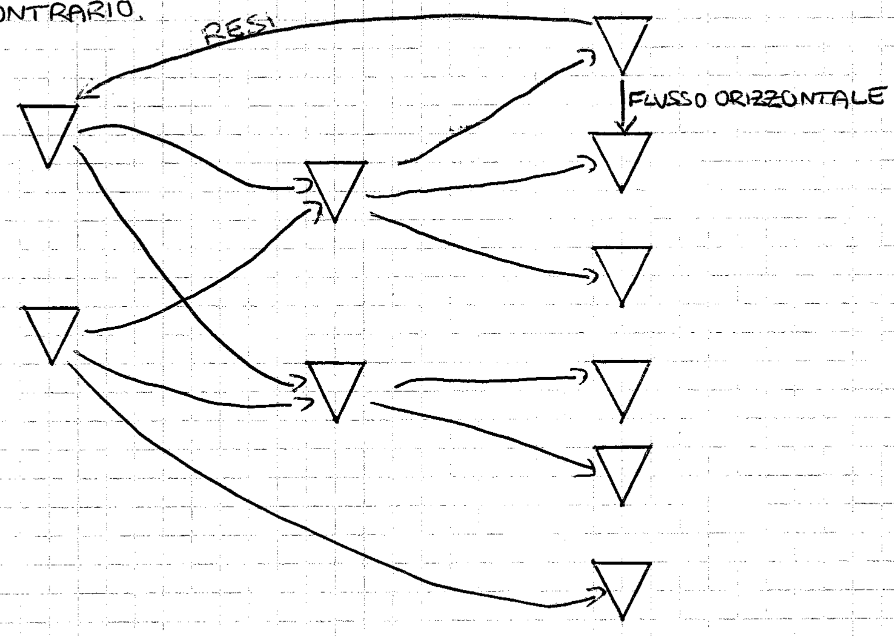
PRODUCO STAMPANTI IN CINA MA IN OGNI NAZIONE I CAVI PER LE STAMPANTI SONO DIVERS
— PRODUCO IN CINA LE STAMPANTI GIÀ PERSONALIZZATE E DA LÌ LE MANDO ALLE VARIE NAZIO
— PRODUCO LE STAMPANTI STANDARD, POI LE MANDO AL MAGAZZINO CENTRALE IN EUROPA CHE INSERIRÀ NELLA SCATOLA I CAVI GIUSTI PER OGNI NAZIONE E LE SPEDIRÀ.

LA POSSIBILITÀ DI POSTICIPARE LA DIVERSIFICAZIONE CI PERMETTE DI AVERE LE STAMPANTI ADATTE NEL POSTO GIUSTO E AL MOMENTO GIUSTO E QUESTO PUÒ VALERE LA DIFFERENZA DI STIPENDIO TRA UN OPERAIO CINESE E UNO TEDESCO PER ESEMPIO.



QUESTO NEGOZIO SARÀ PIÙ GRANDE E PIÙ VICINO ALLA FABBRICA MADRE, PER QUESTO PUÒ ESSERE APPROVVIGIONATO DIRETTAMENTE.

NELLA REALTÀ LE STRUTTURE SARANNO UN MISTO DELLE PRECEDENTI, INOLTRE ALCUNI OGGETTI POSSONO ESSERE RISPEDITI INDIETRO (RESI) E QUINDI C'È ANCHE UN FLUSSO CONTRARIO.



SEMPRE DI PIÙ, COL PASSARE DEGLI ANNI, CI SONO FLUSSI DI COSE CHE TORNANO INDIETRO E NON VANNO AVANTI, COME QUANDO CAMBIO UN TELEVISORE E INVECE DI MANDARLO IN UNA DISCARICA LO RESTITUISCO E COMPRO QUELLA NUOVA; PER QUESTO ESISTONO MAGAZZINI SPECIALIZZATI.

LESSIBILITÀ → È LA CAPACITÀ DI ADATTARSI CON TEMPI E COSTI RIDOTTI; ESISTONO DIVERSI TIPI DI FLESSIBILITÀ:

FLESSIBILITÀ DI PRODOTTI: BISOGNA CERCARE DI GARANTIRE PRODOTTI DIVERSI E USTOMIZZATI (GIÀ PERSONALIZZATI) IN BASE ALLE ESIGENZE DEL CLIENTE.

UBWAY, VENDITORE DI PANINI, HA POCHI COMPONENTI BASE MA SI POSSONO FARE MOLTI PRODOTTI IVERSI, QUINDI È MOLTO FLESSIBILE MA CON DELIVERY LEAD TIME PIÙ ALTI

LESSIBILITÀ DI INNOVAZIONE DI PRODOTTO: BISOGNA SAPER GESTIRE PRODOTTI NON PREVISTI ENZA COSTI AGGIUNTIVI.

ER ESEMPIO UN MAGAZZINO AUTOMATIZZATO È MOLTO MENO FLESSIBILE RISPETTO A UN MAGAZZINO ESTITO MANUALMENTE.

LESSIBILITÀ DI VOLUME: È LA CAPACITÀ DELL'AZIENDA DI GESTIRE VARIAZIONI DI VOLUME MPREVISTE.

OME OTTENGO QUESTA FLESSIBILITÀ?

NA PRIMA POSSIBILITÀ È AVERE RISORSE DI SLACK CHE NORMALMENTE NON UTILIZZO TRANNE HE PER FAR FRONTE AI PICCHI DI DOMANDA.

A SECONDA POSSIBILITÀ È AVERE RISORSE FLESSIBILI, LAVORATORI DISPOSTI A FARE STRAORDINARI.

A TERZA POSSIBILITÀ È LA PIANIFICAZIONE, DEVO PREVEDERE IL PICCO E ACCUMULO SCORTE RIMA PER POI ANDARE A SODDISFARE LA DOMANDA DI PICCO.

LESSIBILITÀ DI MIX: CAPACITÀ DI UN'AZIENDA DI ADATTARSI AL MIX DELLA DOMANDA.

OSTO DI UNA FILIERA

OSTO FISSO → COSTO CHE UN'AZIENDA DEVE SOSTENERE INDIPENDENTEMENTE DALLE DECISIONI ELATIVE AI VOLUMI DI PERIODO.

COSTI FISSI SONO FISSATI NEL LUNGO PERIODO MA LI SOPPORTO NEL BREVE PERIODO; PERÒ COSTI FISSI SONO IRRILEVANTI NELLE SCELTE DI BREVE PERIODO. NEL LUNGO PERIODO VVECE I COSTI FISSI NON ESISTONO IN CAMPO LOGISTICO.

OI USEREMO IL TERMINE COSTO FISSO (F) PER INDICARE IL COSTO CHE L'AZIENDA HA QUANDO DECIDE DI FARE UNA COSA.

$$(x) = \begin{cases} F + C \cdot x & \text{SE } x > 0 \\ 0 & \text{ALTRIMENTI} \end{cases}$$

COSTI FISSI IN ECONOMIA SONO QUINDI DIVERSI DA QUELLI TRATTATI IN LOGISTICA.

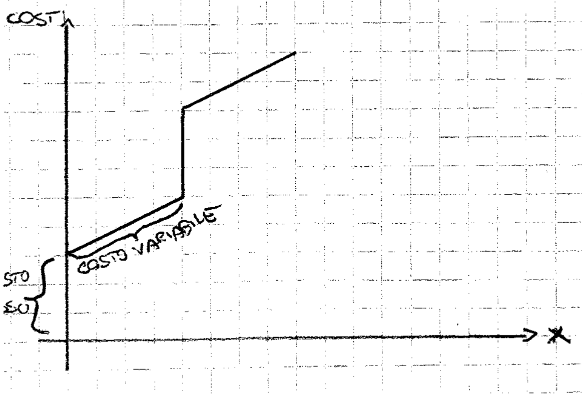


GRAFICO DI COSTI SEMIVARIABILI COME AD ESEMPIO IL TRASPORTO.

UPERMERCATI CON L'ACQUA MINERALE).

SCORTE

E SCORTE HANNO DEI COSTI MA SVOLGONO DELLE FUNZIONI. A VOLTE LE SCORTE GENERANO A DOMANDA E SVOLGONO QUINDI UNA FUNZIONE DI MARKETING, QUINDI CI POSSONO SERVIRE NCHE PER STIMARE LA DOMANDA.

OQ → SCORTE CICLO; IN QUESTO CASO LE SCORTE CI PERMETTONO DI AVERE DEI FLUSSI LOTTI E AVERE RIDOTTI QUINDI I COSTI DI SETUP (O DI ORDINAZIONE).

$$Q^* = \sqrt{\frac{2Ad}{h}}$$

PER RIDURRE LE SCORTE LA COSA PIÙ CONVENIENTE DA FARE È RIDURRE IL COSTO DI SETUP

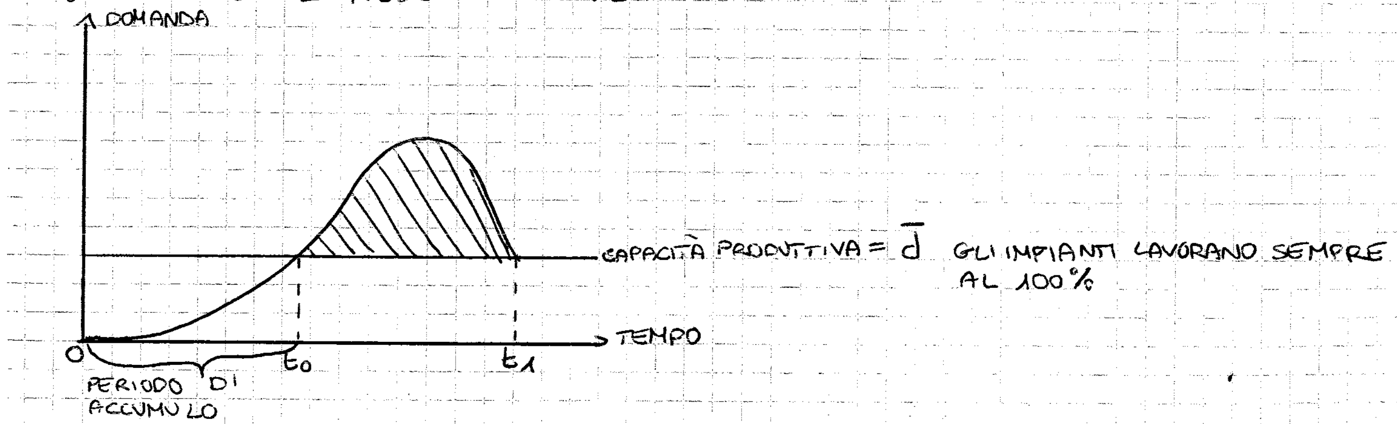
CORTE SPECULATIVE → SCORTE CHE L'AZIENDA TIENE IN CASA PERCHÉ PREVEDE UN UMENTO NEL COSTO DELLE MATERIE PRIME O COME POLITICA DI RIDUZIONE DEL RISCHIO

ORTE INTRANSIT O DI PIPELINE → SCORTE DOVUTE AL LEAD TIME E ALLA DOMANDA.

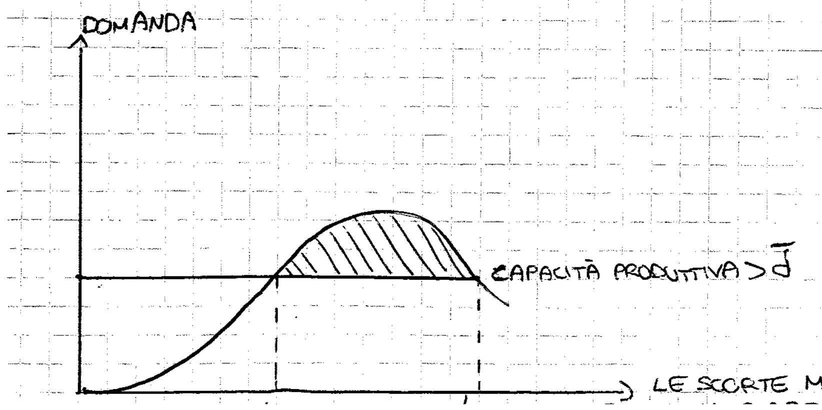
E PER ESEMPIO HO UN'OPERAZIONE CHE IMPIEGA 1 MESE CON UNA DOMANDA DI 100 PEZZI/MESE RÒ SEMPRE 100 PEZZI IN TRANSITO. $SCORTA_{INTRANSITO} = LT \cdot DOMANDA$

ER AVERE MENO SCORTE QUINDI O DIMINUISCO LA DOMANDA (COSA NON INTELLIGENTE) O BBASSO IL LEAD TIME (PER ESEMPIO POSSO TRASPORTARE CON L'AEREO INVECE CHE CON NA NAVE)

CORTE STAGIONALI → SCORTE DOVUTE ALLA STAGIONALITÀ DELLA DOMANDA DI ALCUNI RODOTTI COME GLI ALBERI DI NATALE.



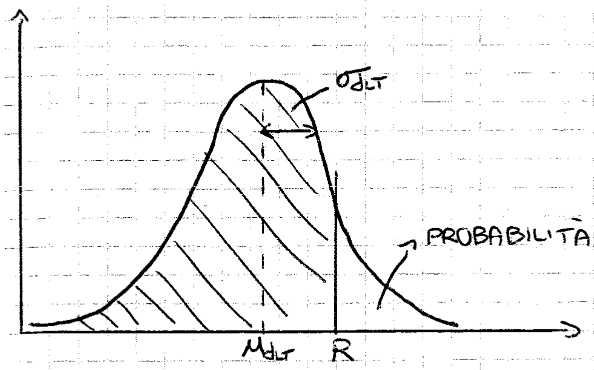
$$\text{SCORTE MASSIME}_{CAP=\bar{d}} = \int_0^{t_0} \underbrace{c}_{\text{CAPACITÀ}} - d(t)\,dt = \int_{t_0}^{t_1} d(t) - c\;dt$$



$$\text{SCORTE MASSIME}_{CAP>\bar{d}} = \int_{t_0}^{t_1} d(t) - c\;dt$$

LE SCORTE MASSIME MI SERVONO PER DIMENSIONARE

OME SCEGLIERE QUANTE SCORTE DI SICUREZZA TENERE IN MAGAZZINO.



DEVE ESSERE MAGGIORE DI $\mathbb{E}[d_{LT}]$ ESATTAMENTE UGUALE A $R = \mathbb{E}[d_{LT}]$ + SCORTE DI SICUREZZA

UANTO SONO DISPOSTO A RISCHIARE DI AVERE STOCK-OUT

ISSO UN LIVELLO DI SERVIZIO L.S.

→ SARÀ UNA %

$\mathbb{P}$[DI NON AVERE STOCK-OUT] = $\mathbb{P}[d_{LT} < R] = L.S.$

OME TROVO $R = ?$

$\mathbb{P}[d_{LT} \leq R] = L.S.$

$\mathbb{P}\left[\frac{d_{LT} - \mu_{dLT}}{\sigma_{dLT}} \leq \frac{R - \mu_{dLT}}{\sigma_{dLT}}\right] = L.S.$

$\mathbb{P}\left[Z \leq \frac{R - \mu_{dLT}}{\sigma_{dLT}}\right] = L.S$ $\qquad \frac{R - \mu_{dLT}}{\sigma_{dLT}} = Z_{L.S.}$ $\qquad R = \mu_{dLT} + Z_{L.S.} \cdot \sigma_{dLT}$

ORTE DI SICUREZZA $= R - \mathbb{E}[d_{LT}] = Z_{LS.} \cdot \sigma_{dLT} + \cancel{\mu_{dLT}} - \cancel{\mathbb{E}[d_{LT}]} = Z_{LS.} \cdot \sigma_{dLT}$

OME POSSO DIMINUIRE IL MIO BISOGNO DI SCORTE DI SICUREZZA?

DIMINUIRE IL LIVELLO DI SERVIZIO.

DIMINUIRE LA VARIABILITÀ DELLA DOMANDA

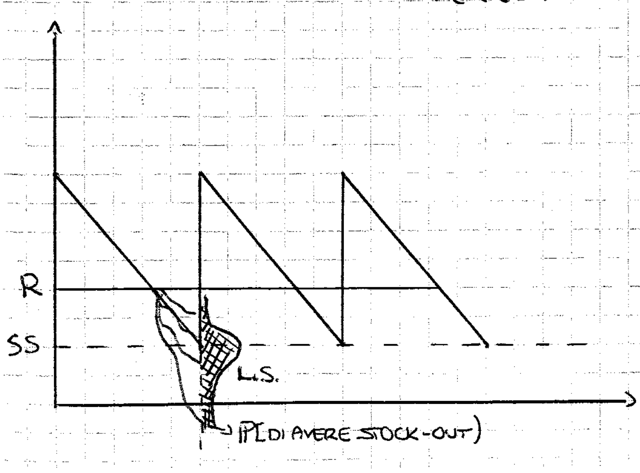
PREVEDERE MEGLIO LA DOMANDA

RIDURRE IL LEAD TIME

A VARIABILITÀ DELLA DOMANDA SI PUÒ DIMINUIRE PER ESEMPIO NON FACENDO PROMOZIONI ER CERCARE DI AVERE SOTTO CONTROLLO LA DOMANDA E RENDERLA PIÙ STABILE (ES: WALLMART)

DURRE IL LEAD TIME IMPLICA COPRIRE L'INCERTEZZA DELLA DOMANDA PER MENO GIORNI OSSIBILE.

$\sigma_{dLT} = \sqrt{LT} \cdot \sigma_d$ QUESTA FORMULA VALE SOLO SE NON C'È CORRELAZIONE TRA LE DOMANDE NEI VARI PERIODI.



COME CAMBIA LA SITUAZIONE CON LE SCORTE DI SICUREZZA?

IN MEDIA A FINE PERIODO AVRÒ SEMPRE IN PIÙ LE SCORTE DI SICUREZZA

SI È RIDOTTA NOTEVOLMENTE LA $\mathbb{P}$[AVERE STOCK-OUT]

PERÒ LE SCORTE DI SICUREZZA HANNO UN COSTO

ANTITÀ PIANIFICATE PER L'ASSEMBLAGGIO.

: TENER CONTO DELL'INCERTEZZA DOBBIAMO INTRODURRE IL SEGUENTE MODELLO:

$$x \sum_{s=1}^{3} \sum_{j=1}^{3} \pi^s \cdot P_j Y_j^s - \sum_i C_i X_i$$

$$T_{i,m} \cdot x_i \le L_m \quad \forall m$$

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

$$G_{i,j} Y_j^s \le X_i \quad \forall i, \forall s$$

$$^s_j, x_i \ge 0$$

VERO PIANO DI PRODUZIONE È RAPPRESENTATO DALLE VARIABILI DECISIONALI AL PRIMO DIO, LE X_i, CHE SONO QUELLE CHE VENGONO DAVVERO IMPLEMENTATE NELL'IMMEDIATO.

SSEMBLAGGIO FINALE VIENE RIMANDATO AD UNO STADIO DECISIONALE SUCCESSIVO, IN CUI LA IANDA SARÀ CERTA, MA CI TROVEREMO AD OPERARE ENTRO VINCOLI DATI DALLA DISPONIBILITÀ OMPONENTI PIANIFICATI AL PRIMO STADIO.

ILVENDO IL MODELLO, SI OTTIENE:

$= 115,71 \quad X_2 = 115,71 \quad X_3 = 52,86 \quad X_4 = 2,86 \quad X_5 = 62,86$

$= 52,86 \qquad Y_1^2 = 50 \qquad Y_1^3 = 52,86$

$= 0 \qquad Y_2^2 = 2,86 \qquad Y_2^3 = 2,86$

$= 62,86 \qquad Y_3^2 = 62,86 \qquad Y_3^3 = 60$

ORE ATTESO PROFITTO $= (52,86 + 50 + 52,86) \cdot 80 + 2,86 \cdot 2 \cdot 70 + (62,86 + 62,86 + 60) \cdot 90 - 3 \cdot (115,71 \cdot 20 + 115,71 \cdot 30 +$
$,86 \cdot 10 + 2,86 \cdot 10 + 62,86 \cdot 10) = 2886$

STA SOLUZIONE CI OBBLIGA A BUTTAR VIA QUALCOSA MA CI PERMETTE DI UTILIZZARE TUTTI I PONENTI CHE COSTANO DI PIÙ, OVVERO X_1 E X_2.

ARENTEMENTE LA NUOVA SOLUZIONE È INFERIORE A QUELLA PRECEDENTE PERÒ, CONFRONTARE STO PROFITTO ATTESO CON IL PROFITTO DEL MODELLO PRECEDENTE NON HA SENSO, INFATTI I FACENDO NON SI COMPARANO DUE SOLUZIONI DIFFERENTI MA DUE SITUAZIONI DIFFERENTI: PRIMO CASO LA DOMANDA È CERTA, MENTRE NEL SECONDO C'È INCERTEZZA SULLA DOMANDA.

COMPARARE REALMENTE LE DUE SOLUZIONI, CIÒ CHE OCCORRE FARE È VALUTARE IL RICAVO ESO DELLA SOLUZIONE DEL PRIMO MODELLO, IMMAGINANDO DI APPLICARE TALE SOLUZIONE DIVERSI SCENARI.

SATO UN PIANO DI PRODUZIONE X_i PER I COMPONENTI DOBBIAMO RISOLVERE IL SEGUENTE DELLO.

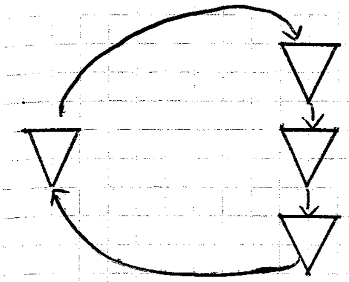
$$x \sum_s \pi^s \sum P_j Y_j^s$$ NON METTO I COSTI PERCHÉ SONO FISSI

$$_{i,j} \cdot Y_j^s \le X_i \quad \forall i, s$$

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

$$\ge 0$$

OUTING → BISOGNA RAGGRUPPARE I CLIENTI E DEFINIRNE UNA SEQUENZA, UNA ROTTA CON CUI ASSARE DA UN CLIENTE ALL'ALTRO.



N ALCUNI CASI POSSO TRASFERIRE AD ALTRI IL PROBLEMA DEI TRASPORTI, PER ESEMPIO USANDO DHL

LUSSI INFORMATIVI

)ENTRO UNA FILIERA TROVIAMO ANCHE FLUSSI INFORMATIVI USATI PER PRENDERE DECISIONI NA PERSONA UNICA CHE DECIDE, AVERE QUINDI UN UNICO PIANIFICATORE DOVREBBE ORTARCI A SOLUZIONI MIGLIORI MA CI SONO PROBLEMI SULLA QUALITÀ DELL'INFORMAZIONE E AD ESEMPIO UN CLIENTE VA ALLA CASSA CON 4 YOGURT ALLA FRAGOLA, 4 ALLA PESCA E 4 ALLA ANANA MA, SICCOME HANNO TUTTI LO STESSO PREZZO, LA CASSIERA PER FAR PIÙ VELOCE LI FA ASSARE COME SE FOSSERO TUTTI ALLA FRAGOLA, L'INFORMAZIONE AI SISTEMI INFORMATIVI RRIVERÀ DISTORTA). L'INFORMATICA CI AIUTA A TRASPORTARE LE INFORMAZIONI IN UN UNICO UNTO MA BISOGNA FARE ATTENZIONE ALLE INFORMAZIONI TRASPORTATE.

E LE INFORMAZIONI RISPECCHIASSERO LA FISICITÀ DELLE COSE NON CI SAREBBERO PROBLEMI A IN REALTÀ NON SEMPRE È COSÌ.

POSTARE I DIRITTI DECISIONALI QUANDO SI TRATTA DI AZIENDE INDIPENDENTI NON SEMPRE ENE ACCETTATO CON PIACERE E COME QUESTO A VOLTE ANCHE IL FLUSSO DI INFORMAZIONI ON CIRCOLA FACILMENTE, TUTTO CIÒ PERCHÉ SPESSO NON SI PUNTA ALL'OTTIMIZZAZIONE ELL'AZIENDA TOTALE MA SOLO A FAR CONTENTO IL PROPRIO CAPO.

ISOGNA SEMPRE DOMANDARSI CHI CI GUADAGNA E CERCARE DI PRESENTARE IL PROGETTO TTOLINEANDO NON SOLO IL GUADAGNO DELL'ORGANIZZAZIONE MA ANCHE I BENEFICI I OGNUNO (CASO BARILLA)

RIZZONTI E LIVELLI GERARCHICI

I SONO TRE LIVELLI GERARCHICI: STRATEGICO, TATTICO E OPERATIVO

ASSANDO DAL LIVELLO STRATEGICO AL LIVELLO ORGANIZZATIVO AUMENTANO LE COSE CHE ENGONO CONSIDERATE DATE.

A FASE STRATEGICA È PIÙ AMPIA, MENTRE QUELLA TATTICA E QUELLA OPERATIVA AVVENGONO I TEMPI PIÙ BREVI (SETTIMANE O GIORNI)

A SCELTA DEI MAGAZZINI DA COMPRARE È UNA SCELTA DI LUNGO TERMINE, SE INVECE FFITTO I MAGAZZINI LA SCELTA DIVENTA OPERATIVA.

E SCELTE STRATEGICHE INFLUENZANO LE SCELTE TATTICHE E OPERATIVE E AL ONTRARIO QUESTE ULTIME DOVREBBERO CONDIZIONARE I LIVELLI STRATEGICI.

E SCELTE STRATEGICHE DEVONO ANTICIPARE LE CONSEGUENZE OPERATIVE E VICEVERSA

ONDIZIONINO LA DOMANDA CHE È DATA A PRIORI. BISOGNA PERÒ SAPERE CHE IN REALTÀ, IN BASE A QUANTI NEGOZI APRO E DOVE LA MIA DOMANDA VARIA (QUINDI PER IL MARKETING LA DOMANDA NON È UN INPUT MENTRE LO È PER LA LOGISTICA).

FUNZIONE DEI NODI INTERMEDI IN UNA RETE DI DISTRIBUZIONE

CONSIDERIAMO UNA RETE CON n PUNTI VENDITA, POTENZIALMENTE DOTATI DI MAGAZZINO PROPRIO. PER OGNI PUNTO VENDITA $i = 1, \dots, n$ ABBIAMO UNA DOMANDA MEDIA d_i ED UNA DEVIAZIONE STANDARD DELLA DOMANDA DURANTE IL LEAD TIME σ_{Li}.

SUPPONIAMO CHE TUTTE LE DOMANDE SUI DIVERSI PUNTI VENDITA SIANO TRA LORO INDIPENDENTI E CONFRONTIAMO IL COSTO NEL CASO IN CUI TUTTE LE SCORTE VENGANO ALLOCATE NEI PUNTI VENDITA CON IL CASO IN CUI C'È UN MAGAZZINO CENTRALE IN CUI SONO LOCALIZZATE TUTTE LE SCORTE.

COSTO TOTALE (SCORTE NEI PUNTI VENDITA) $= \sum_{i=1}^{n} \text{costo}_i = \sum_{i=1}^{n} \sqrt{2Ahd_i} + \sum_{i=1}^{n} h\, z_{LS} \cdot \sigma_i = \sqrt{2Ah} \cdot \sum_{i=1}^{n} \sqrt{d_i} + h z_{LS} \sum_{i=1}^{n} \sigma_i$

COSTO TOTALE (SCORTE NEL MAGAZZINO CENTRALE) $= \sqrt{2Ah \sum_i d_i} + h \cdot z_{LS} \cdot \sqrt{\sum_i \sigma_i^2}$

$\sum \sqrt{d_i} > \sqrt{\sum_i d_i}$ E $\sum_i \sigma_i > \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \sigma_i^2}$

SE FOSSE POSSIBILE TENERE LE SCORTE IN UN MAGAZZINO CENTRALE SICURAMENTE MI PORTEREBBE DEI VANTAGGI DOVUTI AL RISPARMIO LEGATO AL FATTO CHE METTENDO INSIEME TUTTE LE SCORTE IL RISCHIO VIENE BILANCIATO (RISK POOLING).

QUESTO OVVIAMENTE VALE SOTTO LE IPOTESI FATTE, OVVERO CHE IL CLIENTE ASPETTA FINCHÉ LA MERCE NON ARRIVA E IL LEAD TIME DA FABBRICA A MAGAZZINO E DA MAGAZZINO A NEGOZI È UGUALE.

SE INVECE C'È CORRELAZIONE TRA I NEGOZI AVREMO:

COSTO SCORTE CON MAGAZZINO CENTRALE $= h \cdot z_{LS} (\sigma_1 + \sigma_2)$

COSTO SCORTE CON SCORTE NEI PUNTI VENDITA $= h \cdot z_{LS} \left(\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + 2\rho_{1,2}\sigma_1\sigma_2}\right)$

$\sigma_1 + \sigma_2 \gtreqless \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + 2\rho_{1,2}\sigma_1\sigma_2}$? $\quad \sigma_1^2 + \sigma_2^2 + 2\sigma_1\sigma_2 \gtreqless \sigma_1^2 + \sigma_2^2 + 2\rho_{1,2}\sigma_1\sigma_2$

DIPENDE DAL COEFFICIENTE DI CORRELAZIONE $\rho_{1,2}$

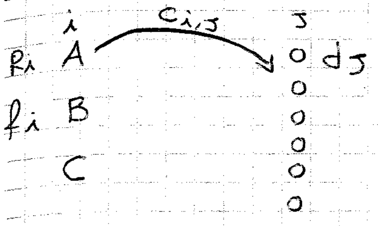
CON $\rho_{1,2} = 1$ I DUE TERMINI SONO UGUALI MA DIMINUENDO LA CORRELAZIONE FINO ALL'ESTREMO $\rho_{1,2} = -1$ MI CONVIENE TENERE LE SCORTE NEL MAGAZZINO CENTRALE.

TUTTO QUESTO PERCHÉ CON $\rho_{1,2} = 1$ TUTTI I NEGOZI SALGONO E SCENDONO INSIEME, QUINDI NON HO NESSUN FENOMENO DI RISK POOLING, SE INVECE $\rho_{1,2} = -1$ LA DOMANDA NEI NEGOZI SI COMPORTA IN MODO OPPOSTO, SE UNA SALE L'ALTRA SCENDE, QUINDI AVRÒ UNA GRANDE MANIFESTAZIONE DI RISK POOLING.

INOLTRE PIÙ NEGOZI HO E PIÙ IL MIO FENOMENO DI RISK POOLING È ALTO E QUINDI RISPARMIO TENENDO LE SCORTE IN UN MAGAZZINO CENTRALE. (SI PUÒ VEDERE DAI DOPPI PRODOTTI CHE OTTENGO ELEVANDO AL QUADRATO LE Σ).

UN GRAFO È UN INSIEME DI ARCHI E NODI; GLI ARCHI POSSONO ESSERE ORIENTATI. PARLIAMO DI NETWORK QUANDO ABBIAMO INFORMAZIONI DI FLUSSO O DI COSTO SU ARCHI E NODI.

PROBLEMA DI LOCALIZZAZIONE DI STABILIMENTI DI PRODUZIONE



f_i = COSTO DI APERTURA PERIODICIZZATO DI i

$y_i \in \{0,1\}$ 0 IMPIANTO i CHIUSO / 1 IMPIANTO i APERTO

$x_{i,j}$ = QUANTITÀ TRASPORTATE DA i A j

QUESTO MODELLO È SIMILE AL MODELLO DI TRASPORTO, MA IN QUESTO CASO I NODI SORGENTE SONO SITI POTENZIALI: OCCORRE DECIDERE QUALI DI ESSI ATTIVARE, TENENDO CONTO DEI LORO COSTI.

QUESTO VIENE DETTO MODELLO DI PLANT LOCATION

$$\min \sum_i \sum_j c_{i,j} \cdot x_{i,j} + \sum_i f_i \, y_i$$

S.T.

$$\sum_i x_{i,j} = d_j \quad \forall j$$

$$\sum_j x_{i,j} \le R_i \cdot y_i \quad \forall i$$

$$x_{i,j} \ge 0 \ \forall i,j, \quad y_i \in \{0,1\}$$

QUESTO MODELLO SI PONE A LIVELLO STRATEGICO MA HA PURE UNA DIMENSIONE TATTICA LEGATA AL TRASPORTO. IL PROBLEMA DI QUESTO MODELLO È CHE NON TIENE CONTO DELL'INCERTEZZA DELLA DOMANDA. SUPPONIAMO QUINDI DI RAPPRESENTARE L'INCERTEZZA INTRODUCENDO UN INSIEME DI SCENARI DI DOMANDA

π^s = PROBABILITÀ CHE SI VERIFICHI LO SCENARIO s

$$\min \sum_i f_i \cdot y_i + \sum_s \pi^s \sum_i \sum_j c_{i,j} \cdot x_{i,j}$$

S.T.

$$\sum_i x^s_{i,j} = d^s_j \quad \forall j,s$$

$$\sum_j x^s_{i,j} \le R_i \cdot y_i \quad \forall i,s$$

$$x^s_{i,j} \ge 0 \ \forall i,j,s \quad y_i \in \{0,1\} \ \forall i$$

SE HO UNO SCENARIO POCO PROBABILE CON UNA DOMANDA MOLTO ALTA, QUESTO MODELLO MI COSTRINGE AD APRIRE MOLTI IMPIANTI E QUINDI AD AVERE COSTI MAGGIORI.

PER EVITARE QUESTO DEVO VALUTARE LA PROBABILITÀ DI LASCIARE CLIENTI INSODDISFATTI E DEVO GUARDARE QUANTO MI COSTA UN CLIENTE INSODDISFATTO. INTRODUCIAMO 1 NUOVA VARIABILE E UN PARAMETRO: z^s_j = QUANTITÀ DI CLIENTI LASCIATI INSODDISFATTI IN j NELLO SCENARIO s.

β_j = COSTO DI UN CLIENTE INSODDISFATTO IN j

$$\min \sum_i f_i y_i + \sum_s \pi^s \sum_i \sum_j c_{i,j} \cdot x_{i,j} + \sum_s \pi^s \sum_j \beta_j \cdot z^s_j$$

S.T.

$$\sum_i x^s_{i,j} + z^s_j = d^s_j \quad \forall j,s$$

$$\sum_j x^s_{i,j} \le R_i y_i \quad \forall i,s$$

$$x^s_{i,j} \ge 0 \ \forall i,j,s \quad z^s_j \ge 0 \ \forall j,s \quad y_i \in \{0,1\} \ \forall i$$

RILOCALIZZAZIONE ED ESPANSIONE DELLA CAPACITÀ DI CENTRI DI DISTRIBUZIONE

QUESTO MODELLO CONTIENE ASPETTI DI TUTTI I MODELLI VISTI PRIMA, PERÒ PER SEMPLICITÀ È LIMITATO A UN SOLO PRODOTTO CON SCENARI DI DOMANDA, INOLTRE INTRODUCE TECNICHE PER LA MODELLIZZAZIONE DI DECISIONI LOGICHE MEDIANTE VARIABILI BINARIE.

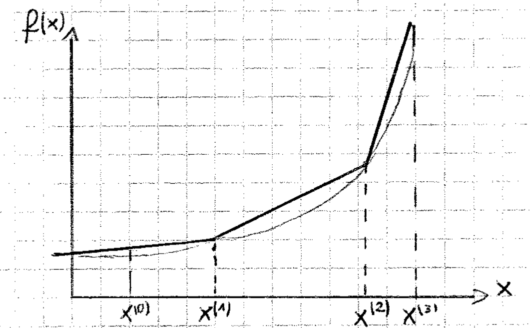
- IN GENERALE, I MODELLI DI PROGRAMMAZIONE NON LINEARE SONO PIÙ COMPLESSI DA RISOLVERE ISPETTO A QUELLI LINEARI, IL CHE NE LIMITA LA DIMENSIONE PRATICAMENTE TRATTABILE;
- I MODELLI DI LOCALIZZAZIONE COINVOLGONO VARIABILI DECISIONALI BINARIE, E NON VI ONO PACCHETTI SOFTWARE COMMERCIALI AFFIDABILI PER LA SOLUZIONE DI MODELLI NON NEARI MISTI-INTERI;
- IN OGNI CASO, SE IL COSTO DA MINIMIZZARE È ESPRESSO DA UNA FUNZIONE CONCAVA, IL ROBLEMA RISULTANTE NON È CONVESSO; ABBIAMO QUINDI LA PRESENZA POTENZIALE DI OLTI MINIMI LOCALI CHE RICHIEDEREBBERO L'USO DI METODI SOFISTICATI E ONEROSI PER OTTIMIZZAZIONE GLOBALE.

LI ULTIMI DUE PUNTI È POSSIBILE AFFRONTARLI CONGIUNTAMENTE APPROSSIMANDO LE FUNZIONI ON LINEARI MEDIANTE FUNZIONI LINEARI A TRATTI.

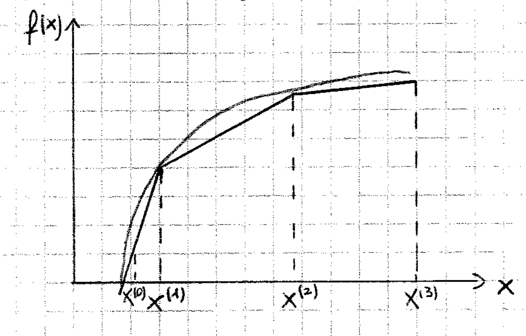
ONSIDERIAMO UNA FUNZIONE DEL TIPO:

$$(x) = \begin{cases} c_1 \cdot x & 0 \le x \le x^{(1)} \\ c_2\,(x - x^{(1)}) + c_1\, x^{(1)} & x^{(1)} \le x \le x^{(2)} \\ c_3\,(x - x^{(2)}) + c_1 \cdot x^{(1)} + c_2 \cdot (x^{(2)} - x^{(1)}) & x^{(2)} \le x \le x^{(3)} \end{cases}$$

E $c_1 < c_2 < c_3$ I COSTI MARGINALI SONO CRESCENTI E $f(x)$ È CONVESSA.



E INVECE $c_1 > c_2 > c_3$ I COSTI MARGINALI SONO DECRESCENTI E $f(x)$ È CONCAVA.



CASO CONVESSO È FACILE ED È RICONDUCIBILE AD UN MODELLO DI PROGRAMMAZIONE LINEARE EL CONTINUO. SI TRASFORMA LA FUNZIONE $f(x)$ NELLA SOMMA DI TERMINI LINEARI, IN FUNZIONE DI ARIABILI AUSILIARIE z_1, z_2, z_3

$(x) = c = c_0 + c_1 z_1 + c_2 \cdot z_2 + c_3 \cdot z_3$

$\le z_1 \le x_1 - x_0$

$\le z_2 \le x_2 - x_1$

$\le z_3 \le x_3 - x_2$

$= z_1 + z_2 + z_3$

UESTO "TRUCCO PUÒ SEMBRARE ESTREMAMENTE COMPLESSO, MA IN PRATICA I PACCHETTI SOFTWARE OTTIMIZZAZIONE AVANZATI LO AUTOMATIZZANO, CHIEDENDO SEMPLICEMENTE ALL'UTENTE DI IDIVIDUARE I SEGMENTI DELLA FUNZIONE E LE LORO PENDENZE.

ORECASTING (PREVISIONE)

E AVESSIMO DEI CLIENTI MOLTO PAZIENTI POTREI EVITARE DI FARE PREVISIONI MA VIAMENTE I CLIENTI NON SONO DISPOSTI AD ASPETTARE PER TEMPI TROPPO LUNGHI, QUINDI UALCOSA DEV'ESSERE FATTO PRIMA CHE IL CLIENTE FACCIA L'ORDINE.

DELL LAVORA IN MAKE TO ORDER, QUINDI SI DICE CHE NON FA PREVISIONI, MA IN REALTÀ NON E FA SOLO SUI PRODOTTI FINITI, MENTRE, COMUNQUE, FA PREVISIONI SULLE MATERIE RIME, CIOÈ LE ATTIVITÀ CHE STANNO A MONTE, QUESTO PER AVERE LEAD TIME BREVI.

A SECONDA DELLA STRATEGIA DELL'AZIENDA MI TROVO A PREVEDERE COSE DIVERSE: PIZZICO O MCDONALD STOCCANO PRODOTTI FINITI E DEVONO FARE PREVISIONI SU QUELLO, PANINO GIUSTO" CHE FA PANINI SU MISURA, STOCCA I COMPONENTI E FA PREVISIONI QUINDI ULLA DOMANDA DI COMPONENTI.

OGGETTO DELLA PREVISIONE

RIMA DI INIZIARE A PREVEDERE È NECESSARIO INTRODURRE ALCUNI PARAMETRI CHE CI ERMETTONO DI DEFINIRE COMPIUTAMENTE L'OGGETTO DELLA PREVISIONE.

PESSO CI SI ACCONTENTA DI DIRE CHE L'OGGETTO DELLA PREVISIONE È LA DOMANDA MA È ECESSARIO QUALIFICARLA IN MODO PIÙ PUNTUALE.

MEBUCKET → UNITÀ DI TEMPO PER LA QUALE SI DESIDERA PREVEDERE (INTERVALLO CON CUI SCRETIZZIAMO LA VARIABILE CONTINUA TEMPO). DEV'ESSERE SCELTO CON ESTREMA CURA.

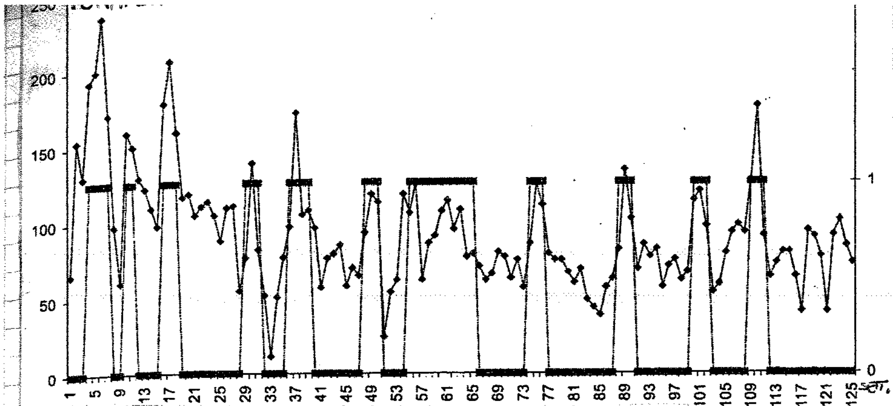
IZZONTE DI PREVISIONE → QUANTITÀ DI TIMEBUCKET CHE CERCO DI PREVEDERE NEL FUTURO (HORIZON) N ORIZZONTE n SI INTENDE CHE BISOGNA PREVEDERE PER n TIMEBUCKET SUCCESSIVI.

EQUENZA DI REVISIONE → FREQUENZA CON LA QUALE LE PREVISIONI VENGONO AGGIORNATE. E LA PREVISIONE VIENE AGGIORNATA OGNI TIMEBUCKET SI DICE PREVISIONE ROLLING

RODOTTO → DEFINIZIONE DEL PRODOTTO O DELL'INSIEME DI PRODOTTI AL QUALE O AI QUALI ACCIAMO RIFERIMENTO. INFATTI PREVEDERE LA DOMANDA PER UNO SPECIFICO MODELLO DI SCARPA UNA DETERMINATA TAGLIA È MOLTO PIÙ DIFFICILE DI QUANTO NON SIA PREVEDERE LA DOMANDA GGREGATA DI SCARPA CASUAL.

ERCATO → MERCATO O AREA GEOGRAFICA A CUI SI FA RIFERIMENTO. INFATTI È PIÙ ICILE PREVEDERE LA DOMANDA PER L'INTERO MERCATO ITALIANO RISPETTO A UN SINGOLO UNTO VENDITA DOVE I VOLUMI SONO PIÙ BASSI E QUINDI PIÙ VARIABILI E ALCUNI PICCOLI FATTORI OME IL TEMPO ATMOSFERICO LOCALE POSSONO MODIFICARE RADICALMENTE L'ANDAMENTO ELLE VENDITE.

A PREVISIONE È UNO STRUMENTO PER PRENDERE MIGLIORI DECISIONI. MIGLIORI PREVISIONI PERMETTONO DI DECIDERE MEGLIO PER LA GESTIONE DI APPROVVIGIONAMENTO E



SERIE STORICA DI DOMANDA DI UN PRODOTTO E LEGAME CON LE PROMOZIONI

IN QUESTO GRAFICO CHE RIPORTA L'ANDAMENTO DELLE VENDITE DI UN PRODOTTO ALIMENTARE SI POSSONO NOTARE DELLE VISTOSE OSCILLAZIONI DELLE QUANTITÀ VENDUTE, QUINDI CI DOBBIAMO CHIEDERE DA COSA SONO CAUSATE. IN QUESTO CASO LE OSCILLAZIONI SONO DA ATTRIBUIRE A DELLE PROMOZIONI PRESSO IL PUNTO VENDITA.

È CHIARO CHE, SENZA POTER UTILIZZARE DELLE INFORMAZIONI SUI PIANI PROMOZIONALI DEL DISTRIBUTORE, PER IL PRODUTTORE DI QUESTO BENE NON È POSSIBILE GENERARE UN'ACCURATA PREVISIONE DELLA DOMANDA; INFATTI, LE PROMOZIONI NON PRESENTANO ALCUNA REGOLARITÀ E QUINDI NON È POSSIBILE PREVEDERE QUANDO AVRANNO LUOGO E ANTICIPARNE GLI EFFETTI.

NATURALMENTE, LE INFORMAZIONI RILEVANTI PER POTER EFFETTUARE UN'ACCURATA PREVISIONE DELLA DOMANDA DIPENDONO FORTEMENTE DALLO SPECIFICO CONTESTO IN CUI SI OPERA ED È DIFFICILE DEFINIRE UNA LISTA ESAUSTIVA DELLE VARIABILI DA ANALIZZARE.

UN'INFORMAZIONE CRUCIALE PER PREVEDERE LA DOMANDA È LA DOMANDA STESSA, OVVERO BISOGNA AVERE BUONE SERIE STORICHE.

IL PROBLEMA È CHE È PIÙ FACILE TENER CONTO DELLE VENDITE, QUINDI LE SERIE STORICHE O SONO SOLO UNA STIMA DELLA DOMANDA O SONO VERE E PROPRIE SERIE STORICHE DELLE VENDITE.

TIFFANY PER ESEMPIO FA AGENDE DI PELLE DOMANDATE MOLTO COME REGALO DI NATALE IN AMBIENTE LAVORATIVO.

TIFFANY AFFERMA DI RIUSCIRE A PREVEDERE BENISSIMO LA DOMANDA DI QUESTO PRODOTTO, IN REALTÀ LORO GUARDAVANO SOLO LE VENDITE E SI TROVAVANO SENZA AGENDE GIÀ AL 1° DICEMBRE; QUESTO SIGNIFICA CHE, SICCOME IL PRODOTTO HA UN ALTO MARGINE, TIFFANY AVEVA GRANDI PERDITE E MANCATI GUADAGNI.

DI SOLITO LE VENDITE SONO PIÙ BASSE DELLA DOMANDA, PERCHÉ È LIMITATA DAL NUMERO DI PEZZI, INOLTRE I MECCANISMI DI SOSTITUZIONE (I CLIENTI COMPRANO UN PRODOTTO INVECE DI UN ALTRO PERCHÉ QUELLO CHE DOMANDAVANO NON C'È) POSSONO INDURRE AD AVERE VENDITE PIÙ ALTE PER PRODOTTI CHE IN REALTÀ NON SAREBBERO STATI DOMANDATI (AD ESEMPIO SE UNA PERSONA VUOLE L'ACQUA SANT'ANNA E NON LA TROVA MAGARI COMPRA LA SAN BENEDETTO).

ANALISI DELLA DOMANDA → BISOGNA ANALIZZARE LA DOMANDA PER COMPRENDERNE I COMPORTAMENTI E IDENTIFICARNE L'ANDAMENTO. BISOGNA CAPIRE SE LA DOMANDA È STAZIONARIA O MENO, SE PRESENTA OSCILLAZIONI STAGIONALI O OSCILLAZIONI DOVUTE A PROMOZIONI O MODE.

PREVEDERE UNA DOMANDA DI 100 PEZZI IN REALTÀ VUOL DIRE ATTENDERSI UNA DOMANDA APPROSSIMATIVAMENTE DI 100 PEZZI.

È QUINDI IMPORTANTE VALUTARE DI QUANTO LA DOMANDA, IN MEDIA, SI DISCOSTI DALLE PREVISIONI.

PER POTER VALUTARE L'ERRORE DI PREVISIONE È UTILE DEFINIRE ALCUNE VARIABILI:

$F_{t,h}$ = PREVISIONE EFFETTUATA NEL PERIODO t CON UN ORIZZONTE DI PREVISIONE h.

Y_t = OSSERVAZIONE NEL PERIODO t DELLA VARIABILE DA PREVEDERE (DOMANDA IN t)

$e_t = Y_t - F_t$ = ERRORE DI PREVISIONE RELATIVO AL PERIODO t.

NOI GUARDEREMO PROBLEMI MULTIPERIODALI MA MONOPRODOTTO E MONOMERCATO PER POI ESTENDERE IL TUTTO AL MULTIPERIODO E AL MULTIMERCATO.

MEAN ERROR (ME)

$$ME = \frac{\sum_{t=1}^{N} e_t}{N} = \frac{\sum_{t=1}^{N} Y_t}{N} - \frac{\sum_{t=1}^{N} F_t}{N} = \overline{Y} - \overline{F}$$

t	1	2	3	4	5	6	M.E.
Y_t	100	90	70	130	105	105	
$F_t^{(1)}$	101	91	71	131	106	106	-1
$F_t^{(2)}$	100	100	100	100	100	100	0

GUARDANDO QUESTO INDICE SCEGLIEREI IL SECONDO PREVISORE ANCHE SE SBAGLIA DI MOLTO PIÙ DEL PRIMO LE PREVISIONI.

L'ME, INFATTI, È UN INDICATORE DI DEVIATEZZA DELLA PREVISIONE CHE SI LIMITA A MISURARE SE, IN MEDIA LA NOSTRA PREVISIONE SOTTOSTIMA ($ME \geq 0$) O SOVRASTIMA ($ME < 0$) LA DOMANDA.

È NECESSARIO AFFIANCARE DEGLI INDICATORI DI ACCURATEZZA A QUESTO INDICATORE DI DEVIATEZZA.

MEAN ABSOLUTE DEVIATION (MAD)

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

t	1	2	3	4	5	6	MAD
Y_t	100	90	70	130	105	105	
$F_t^{(1)}$	101	91	71	131	106	106	$+1$
$F_t^{(2)}$	100	100	100	100	100	100	13,33

IL MAD È UN INDICATORE DI ACCURATEZZA E CI DICE CHE IL PRIMO PREVISORE È MIGLIORE DEL SECONDO.

IN REALTÀ NON È POSSIBILE INDICARE QUALE DELLE DUE PREVISIONI ALTERNATIVE SIA LA MIGLIORE; L'UNA SI FA PREFERIRE PER DEVIATEZZA, MENTRE L'ALTRA PER ACCURATEZZA.

IN GENERALE CORREGGERE LA DEVIATEZZA DI UNA PREVISIONE È ASSAI PIÙ SEMPLICE DI QUANTO NON SIA MIGLIORARNE L'ACCURATEZZA.

ROOT MEAN SQUARE ERROR (RMSE)

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

PERCENTUALI RISPETTO ALLA DOMANDA DEL PERIODO.

t	1	2	3	4	5	6	MPE	MAPE
Y_t	110	120	90	80	130	70		
F_t	100	110	100	90	120	80	-2,13%	10,5%

L'MPE È NEGATIVO IN QUANTO GLI ERRORI DIVISI PER UN NUMERO PIÙ GRANDE SONO QUELLI POSITIVI, MENTRE GLI ERRORI NEGATIVI VENGONO DIVISI PER VALORI DI DOMANDA PIÙ PICCOLI.

t	1	2	3	4	5	6	MPE	MAPE
Y_t	11	12	9	8	13	7		
F_t	9	10	11	10	11	9	-4,26%	21%

IL MAPE IN QUESTO CASO FUNZIONA BENE PERCHÉ LA DOMANDA È ABBASTANZA ALTA E RELATIVAMENTE È STABILE, PERÒ SE CI SONO VALORI NULLI NON SI PUÒ APPLICARE E CON DOMANDA NON STAZIONARIA NON DÀ BUONI RISULTATI:

t	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	-0,16	20,16	-4,47%	21,04%
$F_t^{(2)}$	100	80	110	110	90	120	-16,8	16,8	-187%	187%

PER GLI INDICATORI È NETTAMENTE MEGLIO IL 1° PREVISORE MA IN QUESTO CASO FUNZIONANO MALE. SI DOVREBBE SCEGLIERE IL SECONDO PREVISORE PERCHÉ SBAGLIA UNA SOLA VOLTA MA IN UN CASO DIFFICILISSIMO DA PREVEDERE IN CUI LA DOMANDA CROLLA.

CI SONO ANCHE ALTRI DUE INDICATORI CHE A VOLTE VENGONO USATI IN AZIENDA:

$$MPE_{MOD} = \frac{\sum^{n} e_t/F_t}{n} \qquad MAPE_{MOD} = \frac{\sum_{t=1}^{n} |e_t/F_t|}{n}$$

QUESTI PERÒ SONO INDICATORI "OTTIMISTI"

SCENARIO	PROBABILITÀ	$MAPE_{MOD}$ PREVIS.=2	$MAPE_{MOD}$ PREVIS.=1	$MAPE_{MOD}$ PREVIS.=3
1	1/3	50%	0	66,7%
2	1/3	0	100%	33,3%
3	1/3	50%	200%	0
VALORE ATTESO		33%	100%	33%

NONOSTANTE È EVIDENTE CHE SIA MEGLIO PREVEDERE 2 QUESTO INDICATORE CI PORTA AD AVERE IL DUBBIO SE È MEGLIO PREVEDERE 2 O 3.

SCENARIO	PROBABILITÀ	$MAPE_{MOD}$ PREVIS=1	$MAPE_{MOD}$ PREVIS=2
0	1/3	100%	100%
1	1/3	0	50%
2	1/3	100%	0
VALORE ATTESO		66,7%	50%

IN QUESTO CASO C'È UN TALE INCENTIVO A SOVRASTIMARE LA DOMANDA CHE MI PORTA AD UNA POLITICA SBAGLIATA

QUESTI INDICATORI CI TOLGONO IL PROBLEMA DELLA SCALA DELLA DOMANDA, PERÒ MI CREANO

IL TERMINE $F_{t+1} - Y_{t+1}$ RAPPRESENTA L'ERRORE COMMESSO AL TEMPO $t+1$, MENTRE IL TERMINE $Y_t - Y_{t+1}$ RAPPRESENTA L'ERRORE CHE AVREMMO COMMESSO AL TEMPO $t+1$ SE AVESSIMO USATO UN METODO DI PREVISIONE BANALE SECONDO IL QUALE LA PREVISIONE AL TEMPO $t+1$ È UGUALE ALLA DOMANDA AL TEMPO t (CHIAMATA ANCHE PREVISIONE NAIVE)

SE $U>1$ SIGNIFICA CHE IL NOSTRO METODO DI PREVISIONE COMMETTE ERRORI SUPERIORI A QUELLI DI UN METODO NAIVE.

SE $U=1$ IL NOSTRO METODO FORNISCE PERFORMANCE UGUALI A QUELLE DI UN METODO NAIVE.

SE $0<U\ll 1$ SIGNIFICA CHE IL NOSTRO METODO FORNISCE INDICAZIONI MOLTO PIÙ PRECISE DI QUELLE DI UN METODO NAIVE.

t	1	2	3	4	5	6	MAD	MAD_{NAIVE}	RMSE	$RMSE_{NAIVE}$
Y_t	110	80	90	120	130	70				
$F_t^{(1)}$	100	100	100	100	100	100	22		23,24	
$F_{t\,NAIVE}$	/	110	80	90	120	130		28	33,47	

$$\frac{MAD}{MAD_{NAIVE}} = \frac{22}{28} = 78{,}57\%$$

$$\frac{RMSE}{RMSE_{NAIVE}} = \frac{23{,}24}{33{,}47} = 69{,}44\%$$

t	1	2	3	4	5	6	MAD	MAD_{NAIVE}	RMSE	$RMSE_{NAIVE}$
Y_t	130	40	70	160	190	10				
$F_t^{(2)}$	105	75	95	135	165	35	27		27,29	
$F_{t\,NAIVE}$	/	130	40	70	160	190		84		100,4

$$\frac{MAD}{MAD_{NAIVE}} = \frac{27}{84} = 32{,}14\%$$

$$\frac{RMSE}{RMSE_{NAIVE}} = \frac{27{,}29}{100{,}4} = 27{,}18\%$$

IL SECONDO PREVISORE DÀ UN VALORE AGGIUNTO SUPERIORE RISPETTO AL VALORE AGGIUNTO CHE DÀ IL PRIMO PREVISORE.

SPESSO LA STATISTICA U VIENE SOSTITUITA DAL SEMPLICE RAPPORTO DELLE PERFORMANCE (PER ESEMPIO MAD% O RMSE%) DEL METODO DI PREVISIONE ANALIZZATO E DEL METODO NAIVE, CONSIDERATO COME PUNTO DI RIFERIMENTO.

UTILIZZI DEGLI INDICATORI DI PERFORMANCE

GLI INDICATORI DI PERFORMANCE POSSONO ESSERE USATI PER SCOPI DIFFERENTI:

GLI INDICATORI POSSONO ESSERE UTILIZZATI PER MONITORARE NEL TEMPO L'ANDAMENTO DELLE PERFORMANCE DEL METODO DI PREVISIONE CHE SI È SCELTO DI UTILIZZARE.

MISURARE LA BONTÀ DELLA PREVISIONE SERVE IN PRIMO LUOGO PER VALUTARE IL LIVELLO DI **INCERTEZZA DELLA DOMANDA** CHE È UNO DEGLI INPUT FONDAMENTALI PER IL PROCESSO DI PIANIFICAZIONE E CONTROLLO DELLE SCORTE.

INOLTRE IL CONTROLLO DELLE PERFORMANCE NEL TEMPO PUÒ ESSERE UTILIZZATO PER VALUTARE LA NECESSITÀ DI NUOVI METODI DI PREVISIONE O DI UNA MIGLIORE SCELTA DEI LORO PARAMETRI.

GLI INDICATORI DI PERFORMANCE POSSONO ESSERE UTILIZZATI ANCHE PER SCEGLIERE IL METODO DI PREVISIONE O I PARAMETRI PIÙ OPPORTUNI. NATURALMENTE L'OBIETTIVO È QUELLO DI SELEZIONARE IL METODO DI PREVISIONE CHE GARANTISCE LE MIGLIORI

METODI QUALITATIVI → SONO METODI DI PREVISIONE MOLTO PIÙ FLESSIBILI PERCHÉ NON RICHIEDONO DI FORMALIZZARE NESSUNA RELAZIONE FRA LE INFORMAZIONI RITENUTE RILEVANTI E LA PREVISIONE E QUINDI SI POSSONO ADATTARE BENE A CONTESTI MOLTO INSTABILI COME PER ESEMPIO IL LANCIO DI NUOVI PRODOTTI.

TUTTAVIA QUESTI METODI POSSONO FORNIRE DELLE BUONE INDICAZIONI SOLAMENTE SE LE PERSONE CHIAMATE A ESPRIMERE IL LORO PARERE SONO EFFETTIVAMENTE ESPERTE.

SPESSO PERÒ LE PREVISIONI FORNITE DAGLI ESPERTI NON SONO CONSISTENTI, CIOÈ TENDONO A SOVRASTIMARE O SOTTOSTIMARE IN MODO SISTEMATICO LA DOMANDA. CIÒ È DOVUTO SIA ALLA NATURALE INCAPACITÀ DELL'UOMO DI FORNIRE DELLE VALUTAZIONI CONSISTENTI CHE A SISTEMI DI INCENTIVI CHE POSSONO SPINGERE A FORNIRE SOVRA O SOTTO STIME DELLA DOMANDA (PER ESEMPIO SE HO BISOGNO DI DIMINUIRE LE SCORTE TENDO A SOTTOSTIMARE LA DOMANDA).

I MODELLI QUANTITATIVI SONO MOLTO COERENTI NEL TEMPO, OVVERO DAVANTI ALLA STESSA SERIE DANNO SEMPRE LO STESSO NUMERO, GIUSTO O SBAGLIATO CHE SIA, QUINDI RIESCO PIÙ FACILMENTE A CAPIRE SE L'ALGORITMO HA DEI DIFETTI.

ESISTONO ANCHE ALGORITMI NEURALI CHE SIMULANO IN UN COMPUTER COMPORTAMENTI UMANI E A VOLTE ANCHE SENZA IPOTESI RIESCONO A PREVEDERE DECENTEMENTE; QUESTI ALGORITMI PERÒ NON SONO MANEGGIABILI E NON SAPPIAMO COSA PRENDONO IN CONSIDERAZIONE, QUINDI NOI NON LI VEDREMO.

SVARIATE RICERCHE HANNO DIMOSTRATO COME L'UTILIZZO INTEGRATO DI METODI DI PREVISIONE QUANTITATIVI E QUALITATIVI POSSA PORTARE A RISULTATI IN GENERALE SUPERIORI A QUELLI DI METODI SOLAMENTE QUALITATIVI O SOLAMENTE QUANTITATIVI, GARANTENDO DA UN LATO LA CONSISTENZA DI UN ALGORITMO MA DALL'ALTRO LA FLESSIBILITÀ DELLA MENTE UMANA.

SE ABBIAMO DOMANDA STAZIONARIA POSSIAMO USARE METODI QUANTITATIVI, MENTRE SE LA DOMANDA È DISCONTINUA A CAUSA DI PROMOZIONI PER ESEMPIO, POSSO USARE METODI QUALITATIVI. POSSO AVERE METODI QUANTITATIVI CHE CI DANNO UNA CERTA PREVISIONE, MA POI LI FACCIO OSSERVARE DA PERSONE CHE LI AGGIUSTANO SU BASE QUALITATIVA.

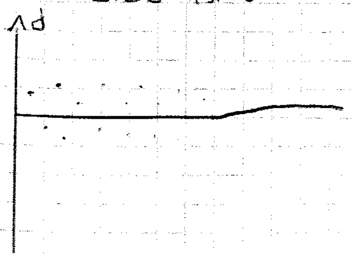
POSSO ANCHE PRENDERE UNA MEDIA TRA I DUE METODI: $F_t = \alpha \cdot F_t^{QUANTITATIVO} + (1-\alpha) F_t^{QUALITATIVO}$

INFINE POSSO USARE L'OPINIONE DI ESPERTI COME INPUT PER UN'ANALISI QUANTITATIVA.

MEDIA MOBILE

SE IL PROCESSO È PERFETTAMENTE STAZIONARIO TUTTE LE OSSERVAZIONI SONO BUONE E NON HA SENSO PARLARE DI MEDIA MOBILE, SI USEREBBE LA MEDIA CAMPIONARIA.

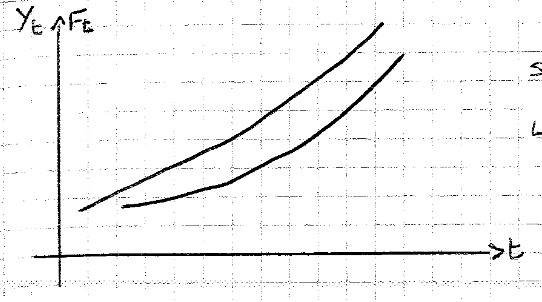
NOI CONSIDERIAMO PROCESSI CHE, ANCHE SE LENTAMENTE, VARIANO NEL TEMPO.



SI ASSUME CHE LA DOMANDA SIA GENERATA DA UN PROCESSO DEL TIPO $Y_t = \bar{d} + \varepsilon_t$

LA MEDIA MOBILE È UN METODO PIUTTOSTO SEMPLICE, E MOLTO SPESSO UTILIZZATO, CHE PERÒ PRESENTA ALCUNI LIMITI.

QUESTO METODO FUNZIONA SOLO SE LE IPOTESI SULLA DOMANDA CONTINUANO A VALERE.



SE C'È UN TREND NON PREVEDERÒ MAI CORRETTAMENTE LA DOMANDA.

QUESTO METODO ATTRIBUISCE ALLE ULTIME K OSSERVAZIONI UN PESO PARI A $1/K$, MENTRE LE OSSERVAZIONI PRECEDENTI NON SONO MINIMAMENTE PRESE IN CONSIDERAZIONE, AL CONTRARIO SAREBBE OPPORTUNO:

- ATTRIBUIRE ALLE OSSERVAZIONI PIÙ RECENTI UN PESO SUPERIORE DI QUELLE PIÙ REMOTE
- ATTRIBUIRE ANCHE ALLE OSSERVAZIONI PIÙ REMOTE UN PESO DIVERSO DA ZERO.

SMORZAMENTO ESPONENZIALE SEMPLICE

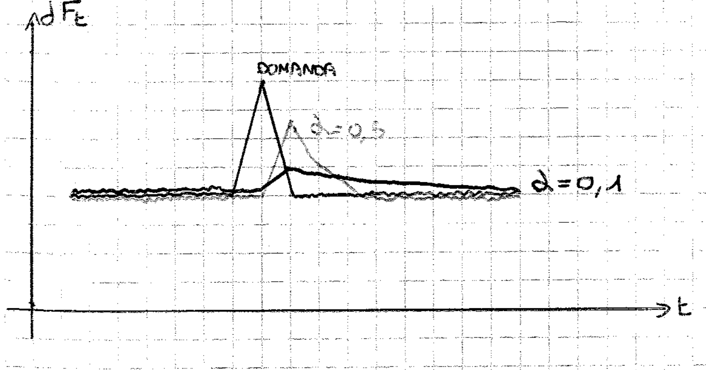
LA SOLUZIONE PROPOSTA DALLO SMORZAMENTO ESPONENZIALE È QUELLA DI UTILIZZARE UNA MEDIA PESATA TRA L'ULTIMA OSSERVAZIONE DELLA DOMANDA E L'ULTIMA PREVISIONE. QUINDI, QUESTO METODO DI PREVISIONE AGGIORNA LE PREVISIONI PREGRESSE IN BASE ALLE ULTIME OSSERVAZIONI DELLA DOMANDA.

$$B_t = \alpha \cdot Y_t + (1-\alpha) \cdot B_{t-1} \qquad 0 \leq \alpha \leq 1$$

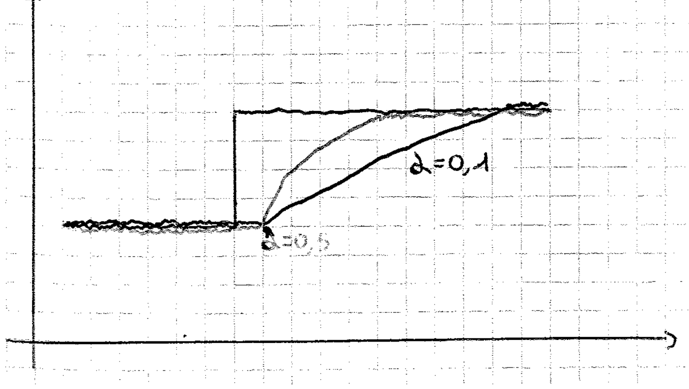
$$F_{t,h} = B_t \quad \forall h$$

α DETERMINA LA REATTIVITÀ DEL MODELLO DI PREVISIONE.

IL PARAMETRO α GIOCA UN RUOLO MOLTO SIMILE A QUELLO CHE IL PARAMETRO K GIOCA NEL CASO DELLA MEDIA MOBILE.



CON α ALTO HO UN PICCO PIÙ ALTO CHE PERÒ SCENDE RAPIDAMENTE, MENTRE CON α BASSO RIMANGO PIÙ COSTANTE. SE GUARDO L'RMSE SCEGLIEREI α BASSO



α ALTO È PIÙ REATTIVO AI CAMBIAMENTI

IRE CHE CI SONO STATI CAMBIAMENTI NELLA DOMANDA E QUINDI DOVREI POTER ANCHE
OSTITUIRE IL MIO METODO DI PREVISIONE.

NIZIALIZZAZIONE:

'EQUAZIONE DI B_t, SENZA UN B_{t-1} DI PARTENZA NON CI DÀ NESSUN RISULTATO, QUINDI SERVE
N'INIZIALIZZAZIONE.

E AD ESEMPIO HO A DISPOSIZIONE 21 VALORI DI DOMANDA E SCELGO $\alpha=0{,}5$ IL VALORE DI
NIZIALIZZAZIONE CONTA MOLTO POCO, SE INVECE PRENDO $\alpha=0{,}05$ IL VALORE DI
NIZIALIZZAZIONE CONTA MOLTISSIMO, QUINDI È MOLTO IMPORTANTE INIZIALIZZARE CORRETTAMENTE
SISTONO DIVERSI APPROCCI PER SCEGLIERE B_{t-i}:

POSSO SCEGLIERE DI PARTIRE CON UN $B_{t-i}=0$ CHE È UN VALORE NEUTRO MA INTRINSICAMENTE
EVIATO. IL MIO SISTEMA CI METTE UN PO' A CAPIRE IL VERO LIVELLO DI DOMANDA E TANTO PIÙ α È
ASSO, TANTO PIÙ TEMPO IMPIEGHERÒ A DIMENTICARE QUESTO ϕ INIZIALE

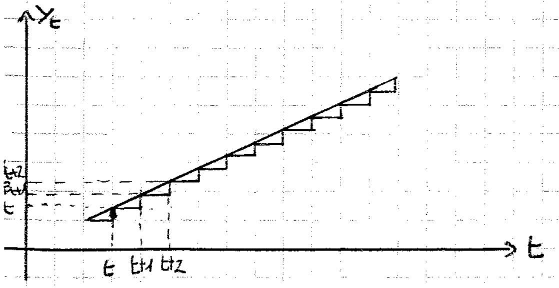
POSSO SCEGLIERE DI PORRE $B_{t-i} = Y_{t-i+1}$ (PRIMO VALORE DI DOMANDA NOTO), QUESTO DATO PERÒ
OTREBBE ESSERE SIGNIFICATIVAMENTE DIVERSO DALLA MEDIA DELLA DOMANDA PERCHÉ BASATO SU
UNICA OSSERVAZIONE. INOLTRE, SE SI UTILIZZA QUESTO APPROCCIO LA PRIMA OSSERVAZIONE DI
OMANDA NON PUÒ ESSERE UTILIZZATA PER POTER VALUTARE L'EFFICACIA DEL METODO DI PREVISIONE.

PER RIDURRE UNO DEI PROBLEMI DELL'APPROCCIO PRECEDENTE POSSO UTILIZZARE LA MEDIA DEI
RIMI ℓ PERIODI PER INIZIALIZZARE LA PREVISIONE $B_{t-i} = \dfrac{\sum_{i=t-I+1}^{t-I+\ell} Y_i}{\ell}$

OSÌ FACENDO I PRIMI ℓ DATI NON LI POSSO UTILIZZARE PER TESTARE L'EFFICACIA DEL MIO METODO,
UESTO SE $h=1$. SE INVECE, FOSSE $h=5$ SONO I PRIMI $\ell+4$ DATI CHE NON POSSO USARE PER TESTARE.
A PRIMA VERA PREVISIONE CHE POSSO FARE, SE $\ell=10$ SARÀ NEL 15° PERIODO $F_{10,5}=F_{15}$.
UINDI SPECIALMENTE CON α BASSO MI SERVIRÀ UN NUMERO MAGGIORE DI DATI PER INIZIALIZZARE
SISTEMA IN MODO MIGLIORE.

A LA MEDIA MOBILE CHE LO SMORZAMENTO ESPONENZIALE SEMPLICE SONO PROGETTATI PER OPERARE
CONDIZIONI PIUTTOSTO SEMPLICI NELLE QUALI LA DOMANDA È STATISTICAMENTE STAZIONARIA.
EVONO QUINDI ESSERE SVILUPPATI METODI DI PREVISIONE IN GRADO DI GESTIRE UNA DOMANDA
ON STAZIONARIA.

MORZAMENTO ESPONENZIALE CON TREND



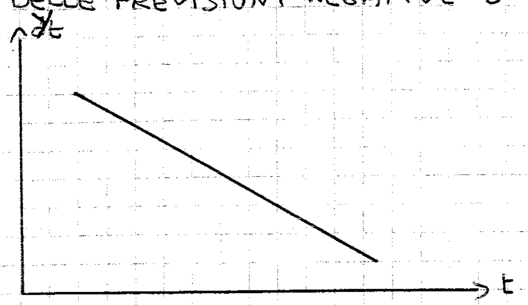
OGNI SETTIMANA VENDO UN CERTO NUMERO DI PEZZI IN PIÙ (ES: 10 PEZZI) RISPETTO ALLA SETTIMANA PRIMA, QUINDI LA CRESCITA È LINEARE E NON ESPONENZIALE (10%)

QUESTO MODELLO CON TREND DEVO STIMARE 2 PARAMETRI CHE SONO:

B_t = LIVELLO DI BASE RAGGIUNTO DALLA DOMANDA AL PERIODO t

T_t = LIVELLO DEL TREND DI CRESCITA O DECRESCITA CHE LA DOMANDA HA RAGGIUNTO AL PERIODO t

ENERARE DELLE PREVISIONI NEGATIVE E VALORI DELLA BASE PIUTTOSTO LIMITATI.

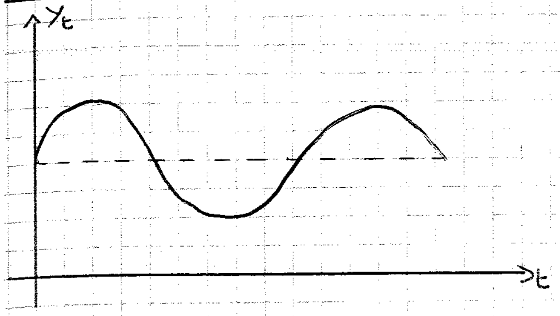


$B_t = 100 \quad T_t = -10$

$F_{t,1} = 90 \quad F_{t,2} = 80 \quad F_{t,11} = -10$ E QUESTO NON HA SENSO.

~~PER TREND ESPONENZIALE PAG 105~~

SMORZAMENTO ESPONENZIALE CON STAGIONALITÀ



ANALIZZIAMO FATTORI DI STAGIONALITÀ MOLTIPLICATIVI (NON ADDITIVI) LA DOMANDA DI ALCUNI PERIODI SARÀ QUINDI UN MULTIPLO DI QUELLA MEDIA.

NA SECONDA CAUSA DI NON STAZIONARIETÀ DELLA DOMANDA SONO LE FLUTTUAZIONI STAGIONALI. NELL'APPLICARE IL MODELLO DI STAGIONALITÀ UNA PRIMA IMPORTANTE OPERAZIONE È QUELLA I IDENTIFICARE LA PERIODICITÀ CHE SI VUOLE ANALIZZARE, CIOÈ LA DURATA DELLA STAGIONE PIÙ ILEVANTE PER I NOSTRI SCOPI DI PREVISIONE.

ER ESEMPIO È POSSIBILE OSSERVARE DELLE STAGIONALITÀ ALL'INTERNO DELL'ANNO ($S=12$ CON IME-BUCKET MENSILI) O ALL'INTERNO DELLA SETTIMANA ($S=7$ CON TIME-BUCKET GIORNALIERO)

NDICHEREMO CON S LA DURATA DELLA STAGIONE A CUI VOGLIAMO FARE RIFERIMENTO.

PARAMETRI CHE CARATTERIZZANO QUESTO METODO DI PREVISIONE SONO:

B_t = LIVELLO MEDIO DELLA DOMANDA

S_t = FATTORE DI STAGIONALITÀ

I SARANNO TANTI FATTORI DI STAGIONALITÀ QUANTI SONO GLI S PERIODI CHE COSTITUISCONO UNA STAGIONE.

$F_{t+h} = B_t \cdot S_{t+h-s}$ O PIÙ IN GENERALE, PER INCLUDERE LA POSSIBILITÀ DI PREVEDERE CON UN ORIZZONTE CHE ECCEDE UNA SINGOLA "STAGIONE

$$F_{t,h} = B_t \cdot S_{t+h-s \cdot \underbrace{\lfloor 1 + \frac{h-1}{s} \rfloor}_{\text{MI MANDA INDIETRO DI UN NUMERO DI STAGIONI CORRETTO}}}$$

PER POTER COMPRENDERE L'ANDAMENTO MEDIO DELLA DOMANDA È NECESSARIO AGGIORNARE LA NOSTRA STIMA DEL LIVELLO MEDIO DELLA DOMANDA B_{t-1} CON LA PIÙ RECENTE OSSERVAZIONE DI DOMANDA DEPURATA DALLE "CAUSE DI NON STAZIONARIETÀ", IN QUESTO CASO LA STAGIONALITÀ.

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

PER AGGIORNARE LA STIMA DELLA STAGIONALITÀ È NECESSARIO COMPARARE L'ULTIMA OSSERVAZIONE DI DOMANDA Y_t ALL'ANDAMENTO MEDIO DELLA STESSA B_t

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

TIMEBUCKET = 1 $\quad h=1 \quad s=7 \quad l=21 \quad K=3$

$$B_0 = \frac{\sum_{\lambda=1}^{l} Y_\lambda}{l} = \frac{1330}{21} = 63{,}33$$

$$S_{-6(MAR)} = \frac{\sum_{K=0}^{2} Y_{Ks+1}}{3\,B_0} = \frac{46+57+23}{3 \cdot 63{,}33} = 0{,}66 \qquad S_{-5(MER)} = \frac{37+43+24}{3 \cdot 63{,}33} = 0{,}55$$

$$S_{-4(GIO)} = \frac{19+35+34}{3 \cdot 63{,}33} = 0{,}46 \qquad S_{-3\,(VEN)} = \frac{50+50+60}{3 \cdot 63{,}33} = 0{,}84$$

$$S_{-2(SAB)} = \frac{66+79+92}{3 \cdot 63{,}33} = 1{,}25 \qquad S_{-1(DOM)} = \frac{95+81+81}{3 \cdot 63{,}33} = 1{,}35$$

$$S_{0(LUN)} = \frac{121+114+123}{3 \cdot 63{,}33} = 1{,}88$$

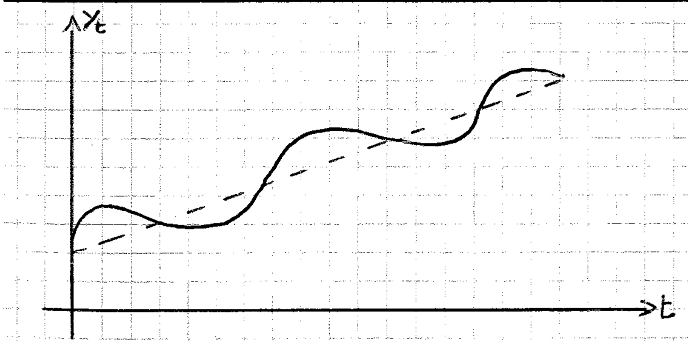
$\alpha = 0{,}1 \qquad \gamma = 0{,}2$

$$B_1 = \alpha \cdot \frac{Y_1}{S_{-6}} + (1-\alpha) \cdot B_0 = 0{,}1 \cdot \frac{46}{0{,}66} + 0{,}9 \cdot 63{,}33 = 63{,}97 \qquad S_1 = \gamma \cdot \frac{Y_1}{B_1} + (1-\gamma) \cdot S_{-6} = 0{,}2 \cdot \frac{46}{63{,}97} + 0{,}8 \cdot 0{,}66$$

$$S_1 = 0{,}67$$

DOVREI CONTINUARE AD AGGIORNARE PER LE PRIME 3 SETTIMANE E DALLA 4ª IN POI POSSO INIZIARE A FARE DELLE PREVISIONI E A TESTARE IL METODO (PRECISAMENTE LA PRIMA VERA PREVISIONE SARÀ QUELLA DEL MARTEDÌ DELLA 4ª SETTIMANA).

SMORZAMENTO ESPONENZIALE CON STAGIONALITÀ E TREND



IN QUESTO CASO SI IPOTIZZA CHE LA DOMANDA ABBIA UN ANDAMENTO DI BASE LINEARE (CRESCENTE O DECRESCENTE) AL QUALE SI SOVRAPPONGONO DELLE FLUTTUAZIONI STAGIONALI

IL MODELLO DI PREVISIONE È IL SEGUENTE:

$$F_{t,h} = (B_t + h T_t) \cdot S_{t+h-s\lfloor (h-1)/s+1 \rfloor}$$

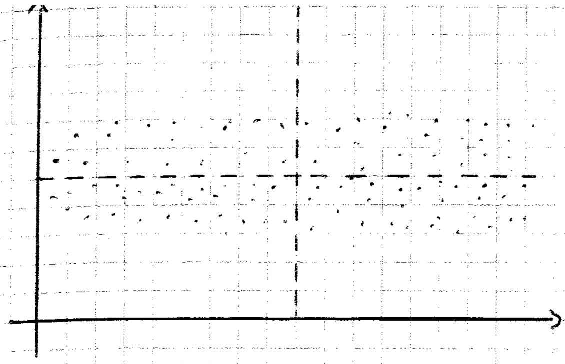
COME NEI CASI PRECEDENTI, È NECESSARIO COMPRENDERE COME CALCOLARE I TRE PARAMETRI, AGGIORNANDO LE STIME CON LE PIÙ RECENTI OSSERVAZIONI DI DOMANDA

PER B_t È NECESSARIO SIA DESTAGIONALIZZARE LA DOMANDA, CHE AGGIUNGERE ALLA BASE L'OPPORTUNO FATTORE DI TREND T_{t-1}

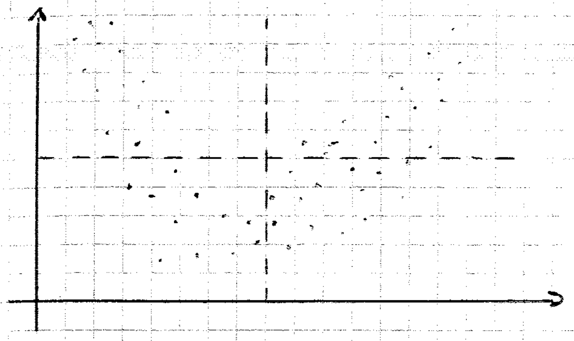
$$B_t = \alpha \cdot \frac{Y_t}{S_{t-s}} + (1-\alpha) \cdot (B_{t-1} + T_{t-1}) \qquad 0 \le \alpha \le 1$$

$$T_t = \beta \cdot (B_t - B_{t-1}) + (1-\beta) \cdot (T_{t-1}) \qquad 0 \le \beta \le 1$$

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



I VALORI SONO PIÙ O MENO DISTRIBUITI NEI QUATTRO QUADRANTI QUINDI MI ASPETTO $S_{xy} \simeq 0$



MI ASPETTO $S_{xy} \simeq 0$ MA NON C'È INDIPENDENZA, BENSÌ C'È DIPENDENZA MA NON LINEARE.

COME SEMPRE NELL'ANALIZZARE UNO STRUMENTO È PERÒ NECESSARIO COMPRENDERNE I LIMITI PER POTERLO UTILIZZARE IN MODO CRITICO E CONSAPEVOLE.

SPESSO SI CONFONDE IL CONCETTO DI CORRELAZIONE CON QUELLO DI CAUSALITÀ. IN REALTÀ, QUESTO STRUMENTO NON COGLIE IN ALCUN MODO IL RAPPORTO DI CAUSA ED EFFETTO TRA LE DUE VARIABILI. IL COEFFICIENTE DI CORRELAZIONE SI LIMITA A MISURARE QUANTO LE DUE VARIABILI OSCILLANO IN MODO COORDINATO O MENO.

QUANDO LA RELAZIONE TRA X E Y NON È LINEARE, IL COEFFICIENTE DI CORRELAZIONE POTREBBE NON COGLIERE IN MODO ALCUNO UNA PUR RESISTENTE RELAZIONE TRA LE DUE VARIABILI

DATI COMPLETAMENTE AL DI FUORI DELLA MEDIA POTREBBERO SFALSARE IN MODO SIGNIFICATIVO LE ANALISI. QUESTO PROBLEMA È SPESSO CHIAMATO EFFETTO KING KONG O EFFETTO BIG APPLE

ESEMPIO:

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
x	9	6	10	2	7	3	2	5	6	2	40
y	7,9	7,5	13,6	16,8	8,1	15	9,8	12,8	15,8	17,7	42,5

$\bar{X}_{10} = 5,2$ $\quad \bar{X}_{11} = 8,36$

$\bar{Y}_{10} = 12,5$ $\quad \bar{Y}_{11} = 15,23$

CALCOLO r_{xy} CONSIDERANDO I PRIMI 10 VALORI (11)

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 2,936 \qquad S_y = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{n-1}} = 3,899 \qquad S_{xy} = \frac{\sum (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{n-1} =$$

$r_{xy} = 0,47$

CALCOLO r_{xy} AGGIUNGENDO UN VALORE

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 10,86$$

$S_y = 13,7$ $\quad r_{xy} = 0,25$

FARE CALCOLI

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

$$-2\sum_{i=1}^{n}x_i\left[(y_i-\bar{y})-b\cdot(x_i-\bar{x})\right]=0$$

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

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

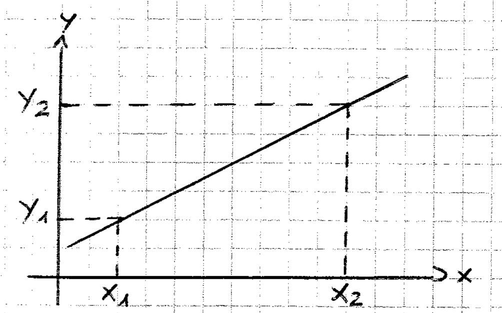
$$b=\frac{\cancel{2}\sum_{i=1}^{n}x_i\cdot(y_i-\bar{y})}{\cancel{2}\sum_{i=1}^{n}x_i(x_i-\bar{x})}=\frac{\sum_{i=1}^{n}x_iy_i-\sum_{i=1}^{n}x_i\bar{y}}{\sum_{i=1}^{n}x_i\cdot x_i-\sum_{i=1}^{n}x_i\cdot\bar{x}}\qquad b=\frac{\sum_{i=1}^{n}x_iy_i-n\bar{x}\bar{y}}{\sum_{i=1}^{n}x_i^2-n\bar{x}^2}$$

PER CAPIRE COSA SIGNIFICA IN REALTÀ b POSSIAMO FARE USO DELL'IDENTITÀ

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

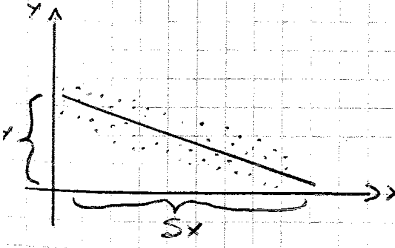
$$b=\frac{\sum_{i=1}^{n}x_i(y_i-\bar{y})-\sum_{i=1}^{n}\bar{x}(y_i-\bar{y})}{\sum_{i=1}^{n}x_i(x_i-\bar{x})-\sum_{i=1}^{n}\bar{x}(x_i-\bar{x})}\qquad b=\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})\cdot(y_i-\bar{y})}{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})\cdot(x_i-\bar{x})}=\frac{\cancel{(n-1)}S_{xy}}{\cancel{(n-1)}S_x^2}$$

$$b=\frac{S_{xy}}{S_x^2}\qquad b=\frac{r_{xy}\cdot S_x\cdot S_y}{S_x^2}\qquad b=\frac{r_{xy}\cdot S_y}{S_x}$$



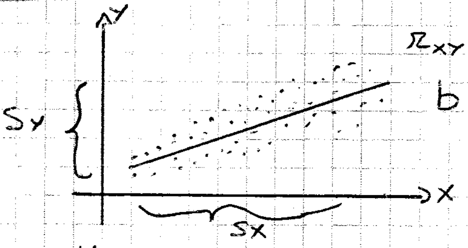
SE HO SOLO DUE PUNTI $b=\frac{\Delta y}{\Delta x}=\frac{y_2-y_1}{x_2-x_1}$

b È IL COEFFICIENTE ANGOLARE DELLA RETTA, QUINDI IL $\frac{\Delta y}{\Delta x}$ DI DUE PUNTI, MA SE HO PIÙ PUNTI DEVO TENER CONTO DI TUTTI I PUNTI, QUINDI $\frac{S_y}{S_x}$ E POI LO MOLTIPLICO PER IL COEFFICIENTE DI CORRELAZIONE CHE MI DÀ IL SEGNO.



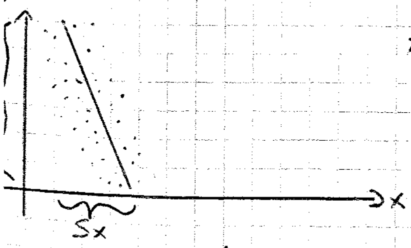
$r_{x,y}$ NEGATIVO $\simeq -1$

b PICCOLO



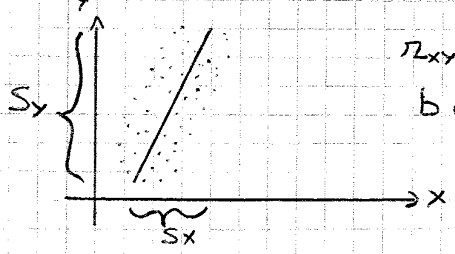
r_{xy} POSITIVO $\simeq 1$

b PICCOLO



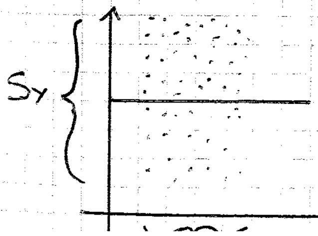
r_{xy} NEGATIVO $\simeq -1$

b GRANDE



r_{xy} POSITIVO $\simeq 1$

b GRANDE



$r_{xy}\simeq 0$

PASSA PER IL BARICENTRO

$b\simeq 0$

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

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

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

$E[\varepsilon_i]=0$ PER IPOTESI

$E[\bar{\varepsilon}] = E[\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\varepsilon_i] =$

$= \sum_{i=1}^{n} E[\frac{1}{n}\varepsilon_i] = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} E[\varepsilon_i] = 0$

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

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

$$E[b] = \beta + \frac{1}{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2}\cdot \sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})\underbrace{(E[\varepsilon_i]-E[\bar{\varepsilon}])}_{0}$$

$$E[b] = \beta$$

$$E[a] = \alpha$$

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

$$E[a] = E[\alpha] + E[\bar{x}\cdot(\beta-b)] + E[\bar{\varepsilon}]$$

$$E[a] = \alpha+\bar{x}\cdot E[\beta-b] + E[\bar{\varepsilon}]$$

$$E[a] = \alpha+\bar{x}\cdot(E[\beta]-E[b]) + E[\bar{\varepsilon}]$$

$$E[a] = \alpha+\bar{x}\cdot\underbrace{(\beta-\beta)}_{0} + \underbrace{E[\bar{\varepsilon}]}_{0}$$

$$E[a] = \alpha$$

N QUESTO MODO ABBIAMO DIMOSTRATO CHE I DUE STIMATORI NON SONO DEVIATI; ORA ERCHIAMO DI CAPIRE QUANTO SONO ACCURATI.

I PIACEREBBE CHE AVESSERO I MINORI VALORI POSSIBILI GLI SCARTI $E[(a-\alpha)^2]$ E $E[(b-\beta)^2]$.

$E[(a-\alpha)^2] = \underbrace{E^2[(a-\alpha)]}_{0} + var(a-\alpha)$ $\quad E[(a-\alpha)^2] = var(a-\alpha)$ E $E[(b-\beta)^2] = var(b-\beta)$

$E[(b-\beta)^2] = VAR(b-\beta)$ TROVIAMO QUINDI LA $VAR(b-\beta)$

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

$$VAR(b-\beta) = VAR\left[\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})\cdot(\varepsilon_i-\bar{\varepsilon})}{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2}\right] = VAR\left[\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})\varepsilon_i - \overbrace{\cancel{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})}}^{0}\bar{\varepsilon}}{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2}\right] =$$

$$VAR\left[\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})\varepsilon_i}{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2}\right] = \frac{1}{\left[\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2\right]^2} VAR\left[\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})\varepsilon_i\right] = \frac{1}{\left[\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2\right]^2}\cdot\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2\cdot VAR[\varepsilon_i] + 2\sum_i\sum_j \overbrace{\cancel{cov(\varepsilon_i\varepsilon_j)}}^{0}$$

ε_i IDENTICAMENTE DISTRIBUITE E INDIPENDENTI

$$\frac{1}{\left[\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2\right]^{\cancel{2}}}\cdot\sigma_\varepsilon^2\cdot\cancel{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2} \qquad VAR(b-\beta) = \frac{\sigma_\varepsilon^2}{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2}$$

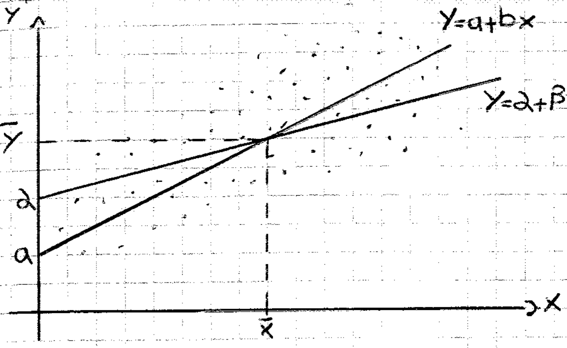
$$See\,b = \frac{\sigma_\varepsilon}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2}}$$

$$VAR[a-\alpha] = \bar{x}^2 \cdot \frac{\sigma_\varepsilon^2}{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2} + \frac{\sigma_\varepsilon^2}{n}$$

LA VARIANZA DI $(a-\alpha)$ DIPENDE INNANZITUTTO DALLA VARIANZA DI $(b-\beta)$ CIOÈ DALL'ERRORE NELLA STIMA DELLA PENDENZA.

UN ERRORE SULLA STIMA DELLA PENDENZA SI PORTA DIETRO UN'ERRORE SULLA STIMA DELL'INTERCETTA.

INFATTI IGNORANDO LA SECONDA PARTE OVVERO SUPPONENDO $\bar{\varepsilon}=0$ (PUNTI UN PO' SOPRA E UN PO' SOTTO).



ERRORE NELLA STIMA DELLA PENDENZA PORTA AD UN ERRORE NELLA STIMA DI a

$$Y=\alpha+\beta x$$

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

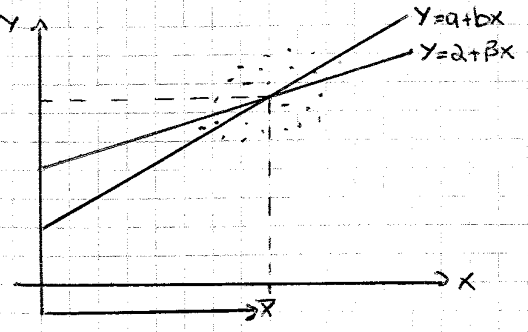
$$\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}Y_i=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\alpha+\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\beta x_i+\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\varepsilon_i$$

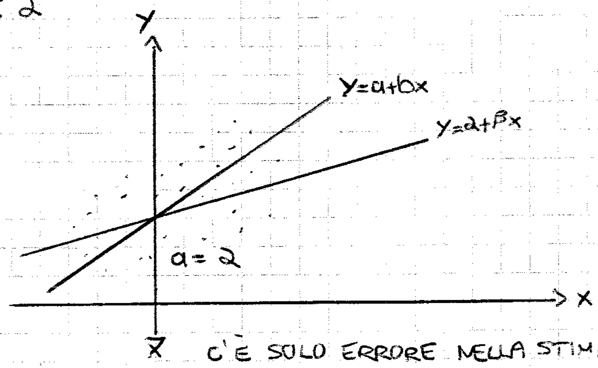
$$\bar{Y}=\alpha\cdot\beta\bar{x}+\bar{\varepsilon}$$

$(\bar{x},\bar{Y})$ APPARTENGONO ALLA RETTA TEORICA.

SAPENDO GIÀ CHE $(\bar{x},\bar{Y}) \in$ RETTA DI REGRESSIONE. LE DUE RETTE SI INCROCIANO NEL BARICENTRO DELLE OSSERVAZIONI.

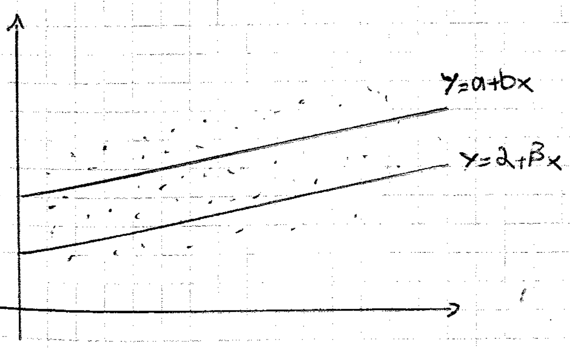
LA FORMULA DIPENDE ANCHE DA $\bar{x}$, TANTO È PIÙ ALTA LA MEDIA DELLE OSSERVAZIONI E TANTO MAGGIORE SARÀ LA DIFFERENZA TRA a E α





C'È SOLO ERRORE NELLA STIMA DELLA PENDENZA.

IL SECONDO TERMINE RAPPRESENTA LA DIPENDENZA DA $\bar{\varepsilon}$, INFATTI SE I PUNTI SONO MEDIAMENTE SOPRA LA RETTA TEORICA $(\bar{\varepsilon}>0)$ CI SARÀ UNO SCARTO TRA a E α



$\bar{\varepsilon}>0$, I PUNTI SONO DISTRIBUITI QUASI TUTTI SOPRA LA RETTA TEORICA.

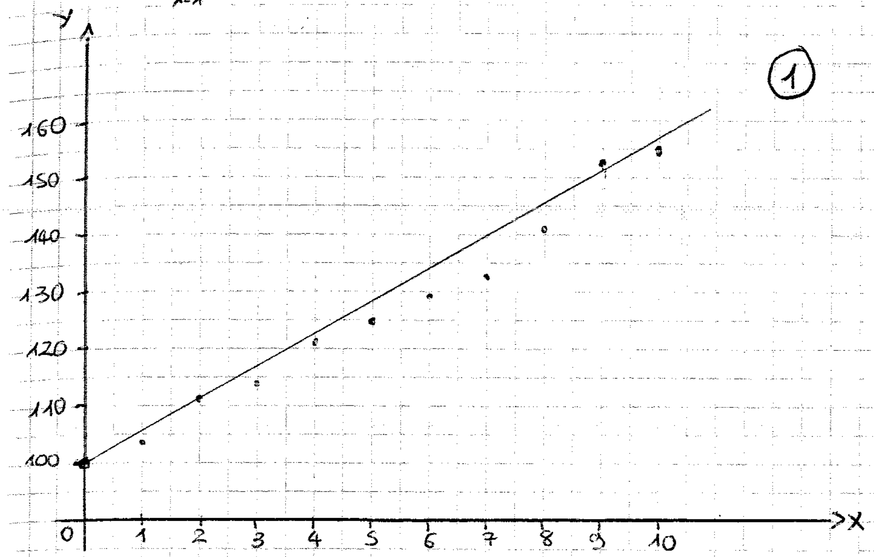
A SECONDA DI QUANTO VALE $\bar{\varepsilon}$ RISCHIO DI METTERE LA RETTA SOPRA O SOTTO LA RETTA TEORICA

INFINE, PER UTILIZZARE OPERATIVAMENTE I RISULTATI TROVATI È NECESSARIO FORNIRE UNA STIMA DEL FATTORE σ_ε

LA STIMA DELLA VARIABILITÀ DEL PROCESSO STOCASTICO σ_ε PUÒ ESSERE EFFETTUATA CONSIDERANDO ... DELLA MEDIA DELLE OSSERVAZIONI E IL LORO

$$See_b = \frac{\sigma_\varepsilon}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2}} = \frac{1,22}{\sqrt{110}} = 0,12$$

$$See_a = \sqrt{\frac{\bar{x}^2 \cdot \sigma_\varepsilon^2}{\sum_{i=1}(x_i-\bar{x})^2} + \frac{\sigma_\varepsilon^2}{n}} = \sqrt{\frac{5^2 \cdot 1,22^2}{110} + \frac{1,22^2}{11}} = 0,688$$

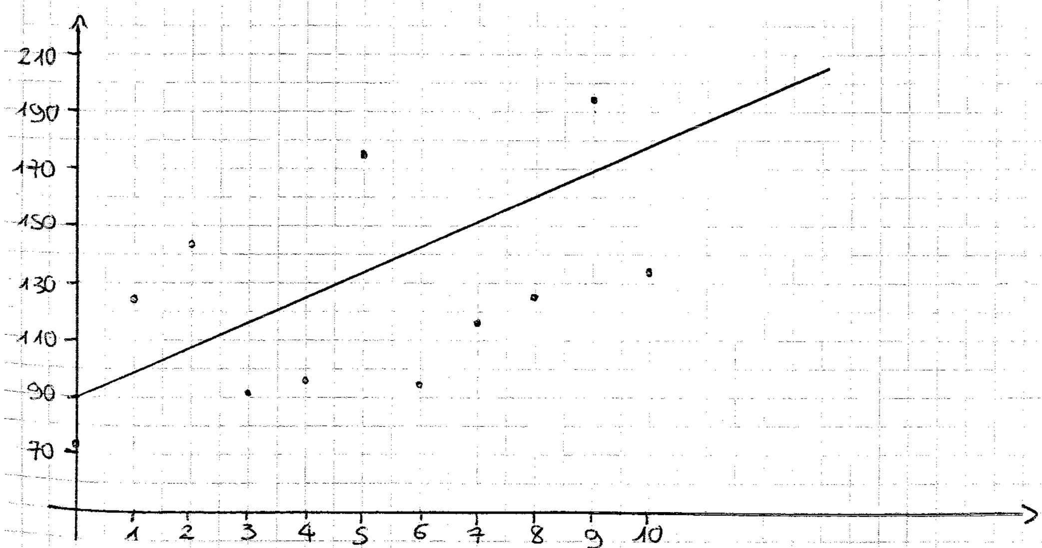


2

$$b = \frac{7412 - 11 \cdot 124,6 \cdot 5}{385 - 11 \cdot 5^2} = 5,08 \qquad a = 124,6 - 5,08 \cdot 5 = 99,2$$

$$Y = 99,2 + 5,08\,x \qquad \hat{\sigma}_\varepsilon = \sqrt{\frac{10792,144}{9}} = 34,63$$

$$See_b = \frac{34,63}{\sqrt{110}} = 3,30 \qquad See_a = \sqrt{\frac{5^2 \cdot 34,63^2}{110} + \frac{34,63^2}{11}} = 19,53$$



NTERVALLI DI CONFIDENZA E TEST D'IPOTESI SUGLI STIMATORI

ER UTILIZZARE AL MEGLIO LE INFORMAZIONI OTTENUTE ATTRAVERSO LA REGRESSIONE, È NECESSARIO OMPRENDERE CHE TIPO DI DISTRIBUZIONE SEGUONO LE STIME DEI PARAMETRI.

E DISTRIBUZIONE DELLE VARIABILI ε_i SONO NORMALI. LE STIME a E b DERIVANO DALLA SOMMA I n VARIABILI NORMALI QUINDI SONO NORMALI.

A CONOSCENZA DELLA DISTRIBUZIONE DI PROBABILITÀ DEGLI STIMATORI VIENE UTILIZZATA

I ZERO O DIVERSO DA ZERO, A SECONDA DELL'IPOTESI DA NOI FORMULATA?
QUAL È LA MASSIMA CONFIDENZA CON LA QUALE POSSIAMO AFFERMARE CHE IL PARAMETRO α O β GODE DELLA PROPRIETÀ CHE VOGLIAMO VERIFICARE?

NEL CASO IN CUI SI VOGLIA VERIFICARE SE α O β SONO DIVERSI DA ZERO CON UNA PROBABILITÀ PARI A P, SOSTANZIALMENTE DOBBIAMO VERIFICARE SE NELL'INTERVALLO DI CONFIDENZA, DI PROBABILITÀ P, SI TROVA O MENO IL VALORE ZERO.

NEL CASO IN CUI CI SI DOMANDI QUAL È LA PROBABILITÀ CON CUI POSSIAMO AFFERMARE CHE IL PARAMETRO DI INTERESSE (α O β) È DIVERSO DA ZERO (OPPURE MAGGIORE O MINORE DI ZERO), SARÀ NECESSARIO IDENTIFICARE LA MASSIMA AMPIEZZA DELL'INTERVALLO DI CONFIDENZA TALE PER CUI È POSSIBILE ESCLUDERE LO ZERO. IN ALTRI TERMINI DOVREMMO PORRE UNO DEI DUE ESTREMI DELL'INTERVALLO DI CONFIDENZA PARI A ZERO.

SARÀ NECESSARIO INDIVIDUARE IL QUANTILE CHE SODDISFA L'EQUAZIONE E POI VERIFICARE TRAMITE LE TABELLE QUALE VALORE P È ASSOCIATO A QUEL VALORE PER UNA DISTRIBUZIONE CON $n-2$ GRADI DI LIBERTÀ.

ESERCIZIO

SEMPRE CON I DATI PRECEDENTI TESTARE L'IPOTESI CHE $\beta=0$

a)

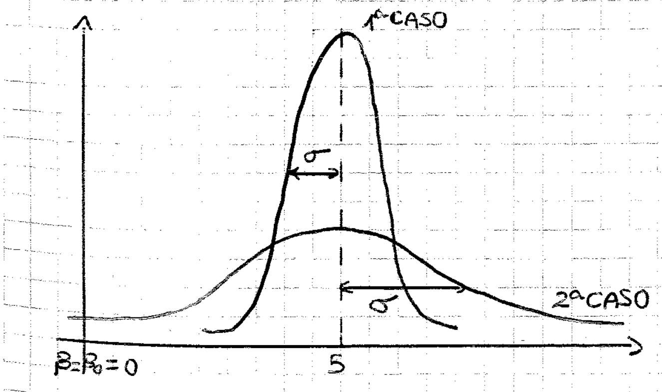
$$b - t_{9,1-\frac{\alpha}{2}} \, See_b = 0 \qquad t_{9,1-\frac{\alpha}{2}} = \frac{b}{See_b} = \frac{5{,}06}{0{,}12} = 43{,}62$$

OVVERO DOVREI SPOSTARMI DI 43,62 σ PER TROVARE LA PROBABILITÀ DI AVERE UN $\beta=0$ IL CHE EQUIVALE SOSTANZIALMENTE A PROBABILITÀ NULLA

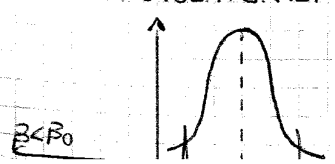
b)

$$t_{9,1-\frac{\alpha}{2}} = \frac{b}{See_b} = \frac{5{,}08}{3{,}30} = 1{,}52$$

DOVREI SPOSTARMI DI 1,52 σ, CONSIDERATO CHE NELL'INTERVALLO $(-3\sigma, 3\sigma)$ TROVIAMO IL 97% DELLA MASSA DI PROBABILITÀ, A DISTANZA 1,52 C'È BUONA PROBABILITÀ DI AVERE $\beta=0$



PER I TEST MONOLATERALI AD ESEMPIO $\beta<\beta_0$



CON UN INTERVALLO DI QUESTO TIPO È PRATICAMENTE IMPOSSIBILE CHE β SIA MINORE DI 0

MISURE DI PERFORMANCE DELLA REGRESSIONE LINEARE

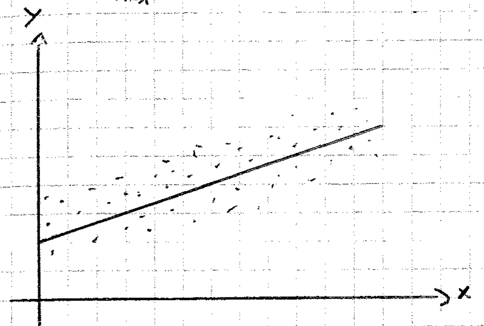
OLTRE A CONOSCERE LE CARATTERISTICHE DEGLI STIMATORI SIAMO INTERESSATI A VALUTARE SE LA REGRESSIONE HA UNA BUONA CAPACITÀ ESPLICATIVA, CIOÈ SE LA VARIABILE X RIESCE A SPIEGARE IN MODO EFFICACE LA Y.

PER OPERAZIONALIZZARE QUESTO CONCETTO È POSSIBILE MISURARE LA CORRELAZIONE TRA Y_i E $\hat{Y}_i$, CIOÈ È POSSIBILE ANDARE A VERIFICARE SE QUANDO LA PREVISIONE $\hat{Y}$ È ELEVATA ANCHE L'OSSERVAZIONE DI Y È ELEVATA. IN PARTICOLARE, CONSIDERANDO IL QUADRATO DEL COEFFICIENTE DI CORRELAZIONE È POSSIBILE DEFINIRE LA STATISTICA R^2 COME SEGUE:

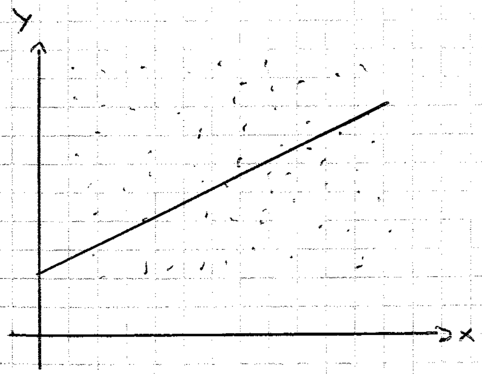
$$R^2 = r^2_{Y\hat{Y}} = \frac{\left[\sum_{i=1}^{n}(y_i-\bar{y})(\hat{y}_i-\bar{\hat{y}})\right]^2}{\sum_{i=1}^{n}(y_i-\bar{y})^2 \cdot \sum_{i=1}^{n}(\hat{y}_i-\bar{\hat{y}})^2} \qquad 0<R^2<1$$

$\hat{Y}$ = RETTA $a+bx$

Y_i = OSSERVAZIONI



SE HO UN GRAFICO COME QUESTO, OVVERO SE Y_i E $\hat{Y}_i$ SI MUOVONO INSIEME SIGNIFICA CHE SONO RIUSCITO A SPIEGARE BENE IL GROSSO DEL FENOMENO



SE INVECE Y_i E $\hat{Y}_i$ VIAGGIANO SEPARATAMENTE SIGNIFICA CHE MI MANCA MOLTO DA CAPIRE SUL PROCESSO.

SAPENDO CHE

$$\bar{\hat{y}} = \frac{1}{n}\sum(a+bx_i) = a+b\bar{x} = \bar{y}$$

SOMMO E SOTTRAGGO $\hat{Y}_i$

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

$$\sum_{i=1}^{n}(y_i-\hat{y}_i)\cdot(\hat{y}_i-\bar{y}) = 0$$

DIMOSTRAZIONE

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

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

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

$$= b\left[(n-1)S_{xy}-b\cdot(n-1)S^2_x\right] =$$

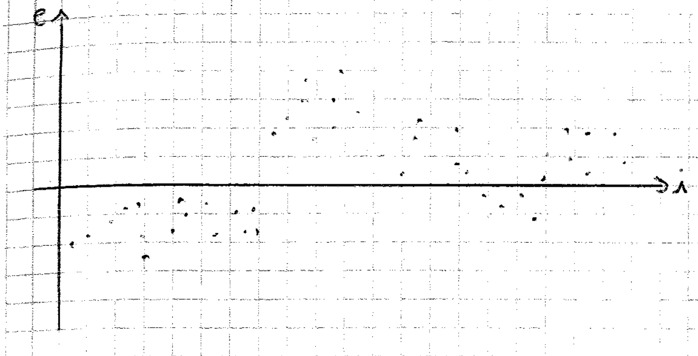
$$= b\cdot(n-1)\cdot\left[S_{xy}-\frac{S_{xy}}{S^2_x}\cdot S^2_x\right] = 0$$

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(\hat{y}_i-\bar{y})^2}{\sum_{i=1}^{n}(y_i-\bar{y})^2} = \frac{S^2_{\hat{y}}}{S^2_y}$$

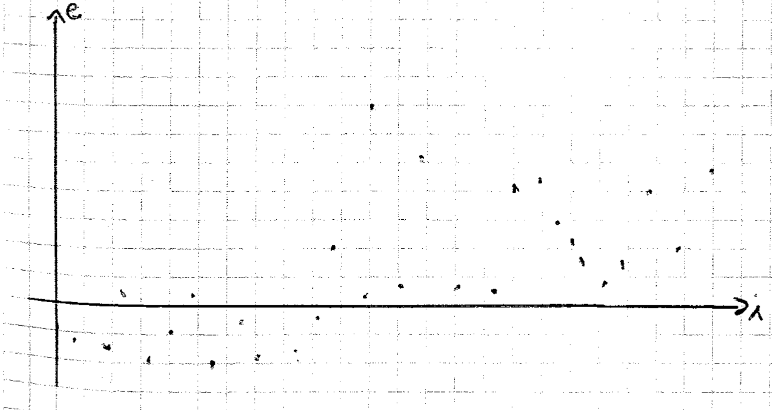
$\rightarrow$ VARIANZA SPIEGATA

$\rightarrow$ VARIANZA DEI PUNTI INTORNO ALLE $\hat{Y}_i$

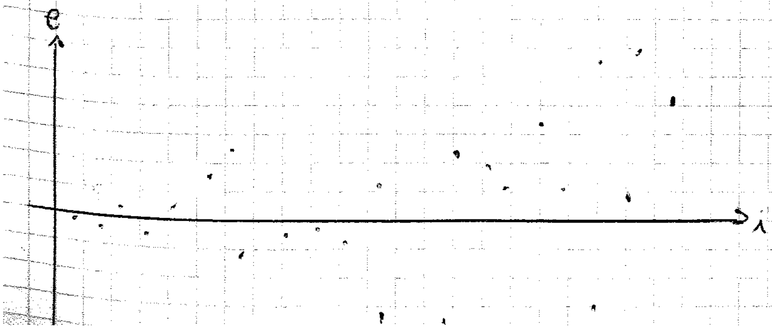
SE INVECE C'È CORRELAZIONE AD UN PERIODO NEL FENOMENO OSSERVATO LE IPOTESI EFFETTUATE N QUALCHE MODO NON REGGONO.



N QUESTO CASO, L'ESTRAZIONE DI UN ε AL PERIODO i MAGGIORE DI ZERO, TENDE A FAR OSSERVARE N RUMORE ε MAGGIORE DI ZERO ANCHE NELLA SUCCESSIVA OSSERVAZIONE $i+1$.
A PRESENZA DI QUESTA CORRELAZIONE AD UN PERIODO FA SI CHE NEL GRAFICO SI PRESENTI UN NDAMENTO DELL'ERRORE "AD ONDATE".
UALORA L'ANALISI GRAFICA SUGGERISCA LA PRESENZA DI AUTOCORRELAZIONE, SARÀ FACILE ERIFICARE CIÒ STIMANDO IL COEFFICIENTE DI CORRELAZIONE TRA e_i E e_{i+1}.
NOLTRE, SARÀ NECESSARIO VERIFICARE LA STAZIONARIETÀ DELLA ε. IN PARTICOLARE, SARÀ ECESSARIO VERIFICARE SIA LA STAZIONARIETÀ DELLA MEDIA CHE QUELLA DELLA VARIANZA.
ER I NOSTRI OBIETTIVI, OVVERO PURA VERIFICA DELLE IPOTESI POTRÀ ESSERE UTILE VERIFICARE L GRADO DI CORRELAZIONE ESISTENTE TRA e_i ED i E TRA ε_i^2 E i



MEDIA DEI RESIDUI NON STAZIONARIA



VARIANZA DEI RESIDUI NON STAZIONARIA
GLI ERRORI COMMESSI NELLE PRIME OSSERVAZIONI SONO SIGNIFICATIVAMENTE INFERIORI AGLI ERRORI COMMESSI NELLE ULTIME OSSERVAZIONI

PREVISIONE CON REGRESSIONE

DOPO AVER STIMATO LA RETTA $Y = a + bX$ SCELGO SU QUALE Y STIMARE

$\hat{Y}_0 = a + bX_0$ CON $\hat{Y}_0$ AD ESEMPIO DOMANDA DI DOMANI. $Y_0 = \alpha + \beta X_0 + \varepsilon_0$

OVVIAMENTE DOMANI RISCONTRERÒ UN LIVELLO DI DOMANDA PARI A $\hat{Y}_0 \neq Y$ SICURAMENTE PER 3 MOTIVI:

a È SOLO UNA STIMA DI α, b È SOLO UNA STIMA DI β E ε_0 È UN TERMINE DI RUMORE SCONOSCIUTO.

QUINDI QUANTO MI FIDO DELLA MIA PREVISIONE $\hat{Y}_0$?

$$E[(Y_0 - \hat{Y}_0)^2] = VAR[Y_0 - \hat{Y}_0] - (E[Y_0 - \hat{Y}])^2 \quad E[a - bX_0 + \alpha + \beta X_0 + \varepsilon_0] =$$

$$= -E[a] - X_0 E[b] + E[\alpha] + X_0 \cdot E[\beta] = 0$$

$$VAR[Y_0 - \hat{Y}_0] = See(Y_0)^2$$

$$See(Y_0) = \sqrt{\sigma_\varepsilon^2 + \frac{\sigma_\varepsilon^2}{n} + \frac{\sigma_\varepsilon^2 (X_0 - \bar{X})^2}{\sum_{i=1}^{n} (X_i - \bar{X})^2}}$$

σ_ε = CAUSATO DAL TERMINE DI RUMORE ε_0

$\frac{\sigma_\varepsilon^2}{n} = \bar{\varepsilon}$ OVVERO ERRORE NELL'INTERCETTA

$\frac{\sigma_\varepsilon^2 (X_0 - \bar{X})^2}{\sum (X_i - \bar{X})^2}$ = ERRORE NELLA STIMA DELLA PENDENZA

DIMOSTRAZIONE

$$VAR[Y_0 - \hat{Y}_0] = VAR[\alpha + \beta X_0 + \varepsilon_0 - a - bX_0]$$

$$= VAR[(\alpha - a) + \varepsilon_0 + X_0(\beta - b)]$$

$$= VAR[\alpha - a] + VAR[\varepsilon_0] + X_0^2\, VAR[\beta - b] + \text{TERMINI DI COVARIANZA}$$ DA FINIRE

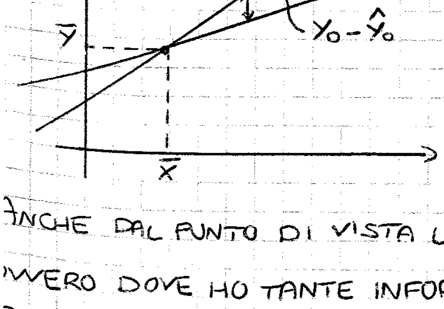
NO PER ESAME

SE $n \to \infty$ $a \to \alpha$ E $b \to \beta$ MA AVRÒ COMUNQUE UN ERRORE LEGATO AL TERMINE DI RUMORE, ALLA SUA PARTE STOCASTICA

$(\bar{X}, \bar{Y}) \in$ RETTA DI REGRESSIONE E RETTA TEORICA

$\Rightarrow X_0 = \bar{X}$

CON $\bar{\varepsilon} = 0$ E $\sigma_\varepsilon^2 = 0$ SE SONO SU X_0, L'ERRORE $Y_0 - \hat{Y}_0$ SARÀ MINORE CHE SU X_0'



ANCHE DAL PUNTO DI VISTA LOGICO $(\bar{X}, \bar{Y})$ MI DICE DOVE SI CONCENTRANO LE INFORMAZIONI OVVERO DOVE HO TANTE INFORMAZIONI RIGUARDANTI QUEI VALORI VICINI AL BARICENTRO. PIÙ MI ALLONTANO DAL BARICENTRO E TANTO MENO INFORMAZIONI HO SU QUEI PUNTI E QUINDI FARÒ UN ERRORE MAGGIORE.

N ALTRO FATTORE COLLEGATO ALLA DOMANDA È IL DELIVERY LEAD TIME.

ON CLIENTI PIÙ PAZIENTI HO SCORTE PIÙ BASSE MA HO PIÙ DIFFICOLTÀ NELLA GESTIONE

MODELLIZZAZIONE DELLE SCORTE (NOI GUARDEREMO DLT=0)

IFORMAZIONI DISPONIBILI

A POSSIBILITÀ DI ADOTTARE METODI DI GESTIONE DELLE SCORTE DI UN TIPO PIUTTOSTO CHE UN LTRO DIPENDE FORTEMENTE DAL SET DI INFORMAZIONI DISPONIBILI.

ELLA GESTIONE DELLE SCORTE SPESSO SI DISTINGUONO IL CASO DI CONTINUOUS REVIEW DAL ASO DI PERIODIC REVIEW, CIOÈ IL CASO IN CUI SIA POSSIBILE MONITORARE CONTINUAMENTE LE CORTE DAL CASO IN CUI SIA POSSIBILE CONOSCERNE IL LIVELLO SOLAMENTE CON UNA DATA CADENZA.

N METODO DI CONTROLLO DELLE SCORTE È LO ZERO BALANCE WALK CIOÈ SI GUARDANO SOLO I RODOTTI IN CUI LE SCORTE SONO A ZERO PERCHÉ È PIÙ FACILE CONTARE ZERO CHE CONTARE UTTE LE SCORTE IN MODO PRECISO.

BIETTIVI

ER CARATTERIZZARE IL SISTEMA DI GESTIONE È NECESSARIO DEFINIRE QUALI SONO GLI BIETTIVI CHE L'AZIENDA SI PROPONE DI RAGGIUNGERE. QUESTI OBIETTIVI SONO ANCHE OLTO ETEROGENEI TRA DI LORO, MA SPESSO SI CERCA DI ASSOCIARE A CIASCUNO DI QUESTI N COSTO PER RENDERE LA FUNZIONE OBIETTIVO SCALARE E POTERLA OTTIMIZZARE.

E PIÙ COMUNI CATEGORIE DI COSTO SONO:

OSTI DI ACQUISTO, COSTI DI ORDINAZIONE, COSTI DELLE SCORTE E COSTI LEGATI AL SSERVIZIO CAUSATO AL CLIENTE.

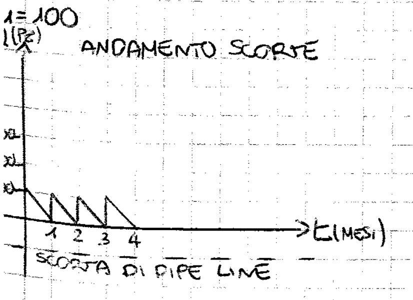
ISOGNA ANCHE OSSERVARE LA POSIZIONE FINANZIARIA DELL'AZIENDA.

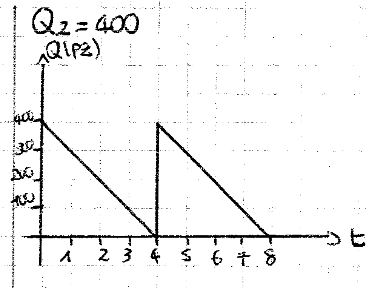
A POSIZIONE FINANZIARIA DIPENDE DALLA POLITICA COMMERCIALE E DALLA POLITICA DI ESTIONE DELLE SCORTE.

SEMPIO:

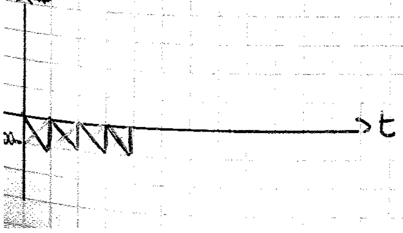
E HO UNA DOMANDA $d = 100$ PZ/MESE E PAGO I MIEI FORNITORI UN MESE DOPO È MEGLIO RDINARE $Q_1 = 100$ PEZZI OGNI MESE O $Q_2 = 400$ PEZZI OGNI 4 MESI?

COSTO MERCE = 1 \$/PZ

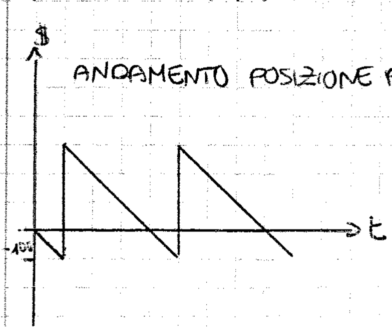




ANDAMENTO POSIZIONE FINANZIARIA



ANDAMENTO POSIZIONE FINANZIARIA



SE λ TROPPO BASSO $\sum_{i=1} \frac{d_i}{Q_i} > F$ E SIGNIFICA CHE FACCIO PIÙ ORDINI DEL LIMITE MASSIMO (AUMENTARE λ)

SE λ GIUSTO $\sum_{i=1}^{n} \frac{d_i}{Q_i} = F$

SE λ TROPPO ALTO $\sum_{i=1}^{n} \frac{d_i}{Q_i} < F$ NON USO TUTTA LA CAPACITÀ POSSIBILE (DIMINUIRE λ)

SE OGNI COSTO DI ORDINAZIONE COSTA A_i

F.O.

$$\sum_{i=1}^{n} h_i \frac{Q_i}{2} + \sum_{i=1}^{n} A_i \frac{d_i}{Q_i}$$

S.T.

$$\sum_{i=1}^{n} \frac{d_i}{Q_i} < F$$

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

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = \sum_{i=1}^{n} \frac{d_i}{Q_i} - F = 0 \qquad \frac{\partial L}{\partial Q_i} = \frac{h_i}{2} - \frac{A_i d_i}{Q_i^2} - \frac{\lambda d_i}{Q_i^2} = 0 \qquad Q_i = \sqrt{\frac{2 d_i (A_i + \lambda)}{h_i}}$$

DEVO TROVARE IL λ GIUSTO

PROVO $\lambda = 0$, SE TROVO CHE $\sum_{i=1} \frac{d_i}{Q_i} \le F$ HO TROVATO LA SOLUZIONE, ALTRIMENTI SE $\sum \frac{d_i}{Q_i} > F$ POSSO TORNARE A USARE IL CRITERIO DI PRIMA PERCHÉ HO POCHI DIPENDENTI E QUINDI USARE IL LORO TEMPO AVRÀ UN COSTO.

NEL CASO IN CUI HO MAGAZZINO LIMITATO:

F.O.

$$\min \sum_{i=1}^{n} h_i \frac{Q_i}{2} + \sum_{i=1}^{n} A_i \frac{d_i}{Q_i}$$

C = CAPACITÀ MAGAZZINO

S.T.

$$\sum_{i=1}^{n} \frac{Q_i}{2} \le C$$

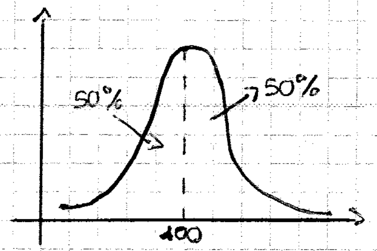
$$L(Q_1, \dots, Q_i, \dots, Q_n, \lambda) = \sum_{i=1}^{n} h_i \frac{Q_i}{2} + \sum_{i=1}^{n} A_i \frac{d_i}{Q_i} + \lambda \cdot \left[\sum_{i=1}^{n} \frac{Q_i}{2} - C \right]$$

$$\frac{\partial L}{\partial Q_i} = \frac{h_i}{2} - \frac{A_i d_i}{Q_i^2} + \frac{1}{2}\lambda = 0 \qquad \frac{Q_i^2 \cdot h_i - 2 A_i d_i + Q_i^2 \cdot \lambda}{2 Q_i^2} = 0 \qquad Q_i = \sqrt{\frac{2 A_i d_i}{h_i + \lambda}}$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = \sum_{i=1}^{n} \frac{Q_i}{2} - C = 0$$

VVECE IN CONDIZIONI DI CERTEZZA È SOLITAMENTE BANALE EVITARE.
ER MODELLIZZARE E GESTIRE LE SCORTE IN CONDIZIONI DI INCERTEZZA È NECESSARIO OMPRENDERE COSA ACCADE QUANDO SI VERIFICA UNO STOCKOUT.

SEMPIO
E PRENDIAMO UN GIORNALAIO CON $d_{DI\ STAMPE} \sim N(100, 10)$ SE DECIDE DI STOCCARE 100 PEZZI EL 50% DEI CASI AVRÀ STOCKOUT



E CONSEGUENZE ESTREME DEGLI STOCKOUT SONO LOST SALES (VENDITE PERSE) E BACKORDER A DOMANDA INSODDISFATTA IN UN PERIODO DI TEMPO RIMANE COME DOMANDA PER I PERIODI JCCESSIVI).

TRUTTURE DI COSTO DELLO STOCKOUT

. COSTO DI STOCKOUT CHE L'AZIENDA SOPPORTA DIPENDE FORTEMENTE DALLE REAZIONI EI CLIENTI. SI CLASSIFICANO I DIVERSI CASI POSSIBILI IN DUE CATEGORIE:
OSTO LEGATO ALLA PRESENZA DI STOCKOUT IN CUI SE MI MANCA QUALCOSA HO UN COSTO, ON IMPORTA QUANTI PEZZI MI MANCANO.
OSTO LEGATO ALLE DIMENSIONI DELLO STOCKOUT IN CUI IL COSTO DEL DISSERVIZIO NON È EGATO SOLO ALLA PRESENZA DELLO STOCKOUT MA ANCHE ALLA SUA DIMENSIONE.

ARAMETRI DI COSTO

CELTA LA STRUTTURA DELLA FUNZIONE DI COSTO DELLO STOCKOUT PIÙ APPROPRIATO PER LA PECIFICA SITUAZIONE, È POI NECESSARIO VALUTARE ESATTAMENTE I SUOI PARAMETRI.
EL CASO DI COSTO LEGATO ALLA PRESENZA DI STOCKOUT DESCRIVIAMO LA FUNZIONE DI COSTO OME IL NUMERO DI STOCKOUT (ATTESI) PER IL COSTO DI UN SINGOLO STOCKOUT CHE INDICHIAMO ON p = PENALITÀ O PENALITY COST
EL CASO DI COSTO LEGATO ALLE DIMENSIONI DELLO STOCKOUT È NECESSARIO STIMARE UANTO COSTA NON SODDISFARE IMMEDIATAMENTE UNA SINGOLA UNITÀ DI DOMANDA; IAMEREMO QUESTO PARAMETRO p_u
N ENTRAMBI I CASI ALCUNE VOCI DI COSTO SONO RILEVANTI:
USTOMER GOODWILL O PERDITA DI IMMAGINE → LA MANCANZA DI UN PRODOTTO NON SI MITA AD AVERE EFFETTI DI BREVE PERIODO MA POTREBBE AVERE EFFETTI DI LUNGO ERIODO CONVINCENDO, NEL TEMPO, I CLIENTI A SCEGLIERE UN FORNITORE PIUTTOSTO CHE EVITARLO
N TENTATIVO DI QUANTIFICARE IL VALORE DELLA CUSTOMER GOODWILL È IL CALCOLO ELLA CUSTOMER LIFETIME VALUE CIOÈ IL VALORE CHE IL CLIENTE GENERA PER L'AZIENDA UNGO IL SUO CICLO DI VITA.

RAPPRESENTA LA DOMANDA E $x \sim f(x)$ CHE È UNA DISTRIBUZIONE DI MASSA O DI DENSITÀ.
È IL NUMERO DI PEZZI CHE DECIDIAMO DI TENERE A SCORTA.
ER DEFINIZIONE $LS_I = F(N) = P[x \leq N]$ OVVERO LA PROBABILITÀ CHE LA MIA DOMANDA IA INFERIORE ALLE SCORTE QUINDI LA PROBABILITÀ CHE TUTTI I MIEI CLIENTI SIANO DDISFATTI.

EWSVENDOR PROBLEM

PIÙ SEMPLICE DEI PROBLEMI DI GESTIONE DELLE SCORTE IN CONDIZIONI DI INCERTEZZA.

OTESI:

MONO PRODOTTO, MONO-LIVELLO, MONO-PERIODO

DOMANDA INCERTA (NOTA LA DISTRIBUZIONE)

OBIETTIVO DI MINIMIZZARE I COSTI DELLE SCORTE E DEL DISSERVIZIO.

N OGNI PERIODO È NECESSARIO EFFETTUARE UN ORDINE, I COSTI DI ORDINAZIONE QUINDI ON SONO RILEVANTI.

ON È RILEVANTE NEMMENO IL COSTO DI MANTENIMENTO DELLE SCORTE IN QUANTO I RODOTTI SI RITIENE RIMANGANO FERMI IN MAGAZZINO PER UN PERIODO DI TEMPO COSÌ REVE DA RENDERLO INSIGNIFICANTE RISPETTO AGLI ALTRI COSTI, DI STOCKOUT E DI MALTIMENTO DELLE SCORTE IN ECCESSO.

NFATTI GLI UNICI DUE COSTI RILEVANTI SONO:

m, COSTO DELLO STOCKOUT CHE È IL MARGINE CHE SI POTREBBE GUADAGNARE DALLA ENDITA DI UN'UNITÀ ED È PARI AL PREZZO DI VENDITA p MENO IL COSTO UNITARIO DI RODUZIONE u

C, COSTO DELLE SCORTE IN ECCESSO CHE È IL COSTO DELLE SCORTE RIMASTE INVENDUTE LLA FINE DEL PERIODO ED È PARI ALLA DIFFERENZA TRA IL COSTO DI ACQUISTO O RODUZIONE u ED IL VALORE RESIDUO v DEL PRODOTTO (CIOÈ IL VALORE CHE POSSO TTENERE SVENDENDOLO O RESTITUENDOLO NEL CASO IN CUI IL MIO FORNITORE SIA ISPOSTO A RITIRARLO).

A PRESENZA DI QUESTI DUE COSTI CONTRASTANTI CI FA INTUIRE CHE NON SEMPRE N LIVELLO DI SERVIZIO DEL 100% È LA SOLUZIONE OTTIMA DA PRATICARE, PERCHÉ GARANTIRE COMPORTEREBBE DEI COSTI CHE ECCEDONO AMPIAMENTE I POSSIBILI BENEFICI (PIÙ È MAGGIORE C DI m E MENO CONVIENE ALZARE IL LIVELLO DI SERVIZIO).
A QUANTITÀ DI SCORTA OTTIMA E QUINDI IL LIVELLO DI SERVIZIO CHE È OPPORTUNO FFRIRE DIPENDE DAGLI ECONOMICS DELL'AZIENDA OVVERO DAI SUOI COSTI E DAI SUOI ARGINI.

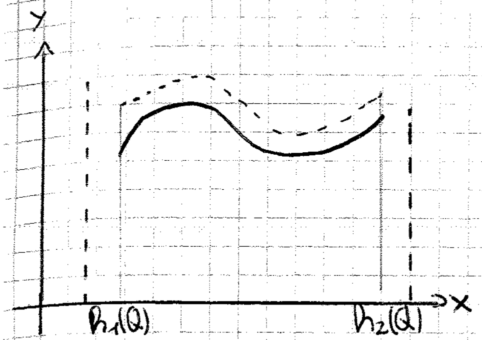
ENSARE DI AUMENTARE IL LIVELLO DI SERVIZIO SENZA MUTARE GLI ECONOMICS DELL'AZIENDA È UN ERRORE CONCETTUALE CHE PUÒ COMPORTARE COSTI ANCHE MOLTO ESANTI.

SISTONO 2 APPROCCI ALLA RISOLUZIONE DI QUESTO PROBLEMA: ECONOMICO MARGINALISTICO E

REGOLA DI LEIBNIZ

HO UNA FUNZIONE DI QUESTO TIPO $G(Q) = \int_{h_1(Q)}^{h_2(Q)} g(Q,x)\,dx$ E DEVO DERIVARE RISPETTO A Q

$$\frac{\partial G(Q)}{\partial Q} = \frac{\partial \int_{h_1(Q)}^{h_2(Q)} g(Q,x)\,dx}{\partial Q}$$



L'AREA, OVVERO IL MIO INTEGRALE, IN FUNZIONE DI Q PUÒ AUMENTARE O DIMINUIRE A SECONDA DI COME VARIANO GLI ESTREMI DELL'INTERVALLO O ANCORA A SECONDA DI COME SI SPOSTA LA FUNZIONE $g(Q,x)$ VERSO L'ALTO O VERSO IL BASSO

QUESTE VARIAZIONI SI CALCOLANO COME

$$\frac{\partial \int_{h_1(Q)}^{h_2(Q)} g(Q,x)\,dx}{\partial Q} = \underbrace{\frac{\partial h_2(Q)}{\partial Q} \cdot g(Q, h_2(Q))}_{} - \underbrace{\frac{\partial h_1(Q)}{\partial Q} \cdot g(Q, h_1(Q))}_{} + \int_{h_1}^{h_2} \frac{\partial g(Q,x)}{\partial Q}\,dx$$

RETTANGOLINO A DESTRA DELL'AREA PER VARIAZIONI DI $h_2(Q)$ POSITIVE (VERSO DESTRA) L'AREA AUMENTA. $g(Q,h_2(Q))$ RAPPRESENTA L'ALTEZZA OVVERO LA FUNZIONE CALCOLATA IN $h_2(Q)$

RETTANGOLO A SINISTRA DELL'AREA, IL SEGNO MENO CORRISPONDE AL FATTO CHE PER VARIAZIONI POSITIVE DI $h_1(Q)$ L'AREA DIMINUISCE

VARIAZIONE DELLA FUNZIONE RISPETTO A Q VERSO L'ALTO O VERSO IL BASSO ESTESA OVVIAMENTE A TUTTO L'INTERVALLO.

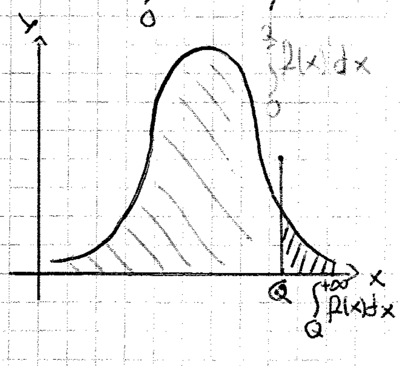
QUINDI DERIVANDO $\frac{\partial E[\pi(Q)]}{\partial Q} = 0$ OTTENGO

$$\frac{\partial E[\pi(Q)]}{\partial Q} = m\Big(\frac{\partial Q}{\partial Q} \cdot (x f(x))\Big|_Q - \cancelto{0}{\frac{\partial (0)}{\partial Q}} (x f(x))\Big|_0 + \int_0^Q \cancelto{0}{\frac{\partial (x f(x))}{\partial Q}}\,dx + \cancelto{0}{\frac{\partial (+\infty)}{\partial Q}} \cdot Q f(x)\Big|_\infty - \frac{\partial Q}{\partial Q} Q f(x)\Big|_Q +$$

$$+ \int_Q^{+\infty} \frac{\partial [Q f(x)]}{\partial Q}\,dx - c \cdot \Big(\frac{\partial Q}{\partial Q} \cdot ((Q-x) f(x))\Big|_Q - \cancelto{0}{\frac{\partial (0)}{\partial Q}} ((Q-x) f(x))\Big|_0 + \int_0^Q \frac{\partial [(Q-x) f(x)]}{\partial Q}\,dx \Big) = 0$$

$$m \cdot \Big(1 \cdot \cancel{Q f(Q)} - 0 + 0 + 0 - 1 \cdot \cancel{Q f(Q)} + \int_Q^{+\infty} f(x)\,dx\Big) - c \cdot \Big(1 \cdot (Q-Q) f(Q) - 0 + \int_0^Q f(x)\,dx\Big) = 0$$

$m \cdot [1 - F(Q)] - c \cdot F(Q) = 0 \qquad F(Q) = \frac{m}{m+c} \qquad P[X \leq Q] = \frac{m}{m+c}$



OVVIAMENTE, INDIPENDENTEMENTE DALL'APPROCCIO SEGUITO, SI ARRIVA ALLA STESSA CONDIZIONE DI OTTIMALITÀ

OSSERVAZIONI:

PER OTTENERE IL RISULTATO NON È STATO NECESSARIO EFFETTUARE ALCUNA IPOTESI CIRCA LA DISTRIBUZIONE DI PROBABILITÀ, QUINDI IL RISULTATO OTTENUTO È DI CARATTERE GENERALE.

LA QUANTITÀ OTTIMA DIPENDE SOLTANTO DALLA STRUTTURA DEGLI ECONOMICS

SEMPIO

ERIODO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
OMANDA	98	101	99	102	103	97	98	94	102	106
TOCKOUT	0	1^1	0	1^2	1^3	0	0	0	1^2	1^6
ORTE	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

$LS_I = \frac{5}{10} \cdot 100 = 50\%$ $\qquad LS_{II} = \frac{1000-14}{1000} \cdot 100 = 98,6\%$

N GENERALE CON UNA DOMANDA ABBASTANZA ALTA E COSTANTE $LS_{II} > LS_I$

NEWSVENDOR (CASO MULTIPRODOTTO)

CASO DI PIÙ PRODOTTI TRA LORO INDIPENDENTI DAL PUNTO DI VISTA DELLE DECISIONI DI CQUISTO/PRODUZIONE E DAL PUNTO DI VISTA DELLA DOMANDA È ASSIMILABILE AL CASO ONO PRODOTTO (PIÙ PROBLEMI RIFERITI AI SINGOLI PRODOTTI).

VVECE, IN CASO DI INTERAZIONI I PROBLEMI SI COMPLICANO. CONSIDERIAMO AD ESEMPIO PROBLEMA DI RISORSE CONDIVISE CHE PONGONO DEI VINCOLI ALLA POSSIBILITÀ DI CEGLIERE LE QUANTITÀ DEI DIVERSI PRODOTTI DA IMMAGAZZINARE.

N GENERALE AVRÒ UN VINCOLO $\sum_{i=1}^{I} r_i Q_i \leq R$

r_i = CONSUMO DELLA RISORSA SCARSA CAUSATA DA UN'UNITÀ DEL PRODOTTO i

R = MASSIMO CONSUMO POSSIBILE.

L VINCOLO PUÒ AVERE NATURA DIVERSA: SPAZIO DISPONIBILE, CAPACITÀ PRODUTTIVA, BUDGET ISPONIBILE, ECC...

N TERMINI GENERALI L'OBIETTIVO SARÀ QUELLO DI MASSIMIZZARE IL PROFITTO ATTESO DEGLI PRODOTTI,

O.

$$\max E\left[\sum_{i=1}^{I} \pi_i(Q_i)\right]$$

T

$$\sum r_i Q_i \leq R$$

PERCHÉ SE VIOLO IL MIO VINCOLO HO UN COSTO.

$$h(Q_1, .., Q_i, .., Q_{I,\lambda}) = E\left[\sum_{i=1}^{I} \pi_i(Q_i)\right] - \lambda \left(\sum_{i=1}^{I} r_i Q_i - R\right)$$

$$\frac{\partial h}{\partial Q_i} = \underbrace{m_i\left[1 - F(Q_i)\right] - c_i F(Q_i)}_{\text{GIÀ DERIVATA (PAGINA PRIMA)}} - \lambda r_i = 0$$

ASSUMIAMO CHE LE FUNZIONI DI PROFITTO DI UN PRODOTTO i NON CONTENGANO Q_s CON $s \neq i$, OVVERO CHE LE FUNZIONI DI COSTO E RICAVO DI OGNI SINGOLO PRODOTTO SIANO NDIPENDENTI DALLE ALTRE FUNZIONI (NESSUNA INTERAZIONE TRA I PRODOTTI).

$$F(Q_i) = \frac{m_i - \lambda r_i}{m_i + c_i}$$

SE $\lambda = 0$ O IL VINCOLO NON C'È O NON È STRINGENTE QUINDI MI RICONDUCO AL NEWSVENDOR ONO PRODOTTO.

ESEMPIO: HO UNA MACCHINA E POSSO USARLA PER 1h, PERÒ POSSO ANCHE USARE LA STESSA MACCHINA PER ALTRI E GUADAGNARCI 10€

$\sum_{i=1} r_i Q_i > R$ QUINDI AUMENTO λ

SOLUZIONE OTTIMA $\lambda = 0,2$

PRODOTTO	A	B	C	D	E
LS_I	0,47	0,575	0,67	0,57	0,57
Q	980	557	657	1518	2063

COSTO TOT. 329295,8

NELLA SOLUZIONE VINCOLATA RINUNCIO A MOLTI PEZZI DI B E C E TENGO INVECE SOSTANZIALMENTE INVARIATE LE QUANTITÀ DI D ED E.

IL CONSUMO, DELLA RISORSA CONDIVISA, UNITARIO r_i (COSTO DI ACQUISTO) DIVENTA NELLA SOLUZIONE VINCOLATA MOLTO RILEVANTE.

B E C HANNO UN r_i MOLTO ELEVATO QUINDI RINUNCIANDO AD ACQUISTARE MOLTI PEZZI DI QUESTI PRODOTTI RIESCO A RISPARMIARE "SPAZIO" NEL BUDGET.

RINUNCIO INOLTRE MOLTO PIÙ A PEZZI DI E CHE DI D PUR AVENDO GLI STESSI PARAMETRI μ, C ED r; QUESTO PERCHÉ E HA UNA σ MOLTO PIÙ ELEVATA, A PARITÀ DI ALTRI FATTORI, QUINDI PREFERISCO NON RINUNCIARE AD UN PRODOTTO PIÙ CERTO, CHE SONO PIÙ SICURO DI VENDERE.

ALL'ESTREMO SE σ_D FOSSE $=0$ D SAREBBE UN PRODOTTO SICURO CON DOMANDA DETERMINISTICA QUINDI NON RINUNCEREI NEANCHE AD UN SINGOLO PEZZO DI D PERCHÉ È UN PROFITTO SICURO.

LE RINUNCE VENGONO QUINDI FATTE IN BASE A 3 FATTORI PRINCIPALI:

- SUI PRODOTTI INCERTI (σ ALTA)
- SUI PRODOTTI PIÙ COSTOSI (r_i ALTO)
- SUI PRODOTTI POCO PROFITTEVOLI (m_i BASSO)

NOTA: $\frac{\partial B}{\partial R} = \lambda$, OVVERO λ RAPPRESENTA L'INCREMENTO MARGINALE DI PROFITTO DI FRONTE AD UN INCREMENTO INFINITESIMALE DI RISORSA SCARSA (R); OVVERO, QUANTO SONO DISPOSTO A PAGARE PER RICEVERE UN INCREMENTO DELLA MIA RISORSA SCARSA?

IN QUESTO CASO QUANTO VALE 1$ IN PIÙ NEL BUDGET?

COME INIZIO A CERCARE $\lambda_1 \neq 0$?

SPENDENDO 1$ IN PIÙ IN MEDIA RICAVO MENO DI 1,5$ (MEDIA TRA COSTO ACQUISTO E MARGINE) E INOLTRE IL RICAVO È AFFETTO DA INCERTEZZA. PERTANTO LA MIA RISORSA SCARSA NON POTRÀ VALERE PIÙ DI 1,5$ $\lambda < 1,5$

OSSERVAZIONI:

NEL CASO IN CUI AVESSI I PRODOTTI CON LE SEGUENTI CARATTERISTICHE

$m_i = m \ \forall i \quad c_i = c \ \forall i \quad r_i = r \ \forall i$ OPPURE PARAMETRI TRA LORO PROPORZIONALI, TUTTI I PRODOTTI AVRANNO LO STESSO LIVELLO DI SERVIZIO.

INFATTI OLTRE ALLA MOTIVAZIONE MATEMATICA, SE HO DUE PRODOTTI IDENTICI ED UNA LIMITATA CAPACITÀ DI ACQUISTARLI PERCHÉ MAI DOVREI OFFRIRE UN SERVIZIO PIÙ ALTO QUANDO QUESTO VUOL DIRE UNA MINORE PROBABILITÀ DI VENDERE L'ULTIMA UNITÀ ACQUISTATA

DELLE SCORTE NEL CASO IN CUI IL PRIMO ORDINE NON SI FOSSE ESAURITO; TROVATA LA QUANTITÀ OTTIMALE DOVRÒ SOLO SOTTRARRE LE SCORTE AVANZATE ($S(t_1)$)

SE $Q^* < S(t_1)$ SARÀ OPPORTUNO NON ORDINARE E IN QUESTO CASO NON POSSO RAGGIUNGERE L'OTTIMO.

ESEMPIO:

$S(t_1) = 700$ pz $\quad d_{t_1 \to t_3} = 1000 \pm 200 \quad p = 5€ \quad C_{acq} = 1€ \quad p_{svendita} = 0{,}8$

$LS_I = \frac{m}{m+c} = \frac{5-1}{5-1+1-0{,}8} = 0{,}95 \qquad z_{0,95} = 1{,}67$

$Q^* = 1000 + 1{,}67 \cdot 200 = 1334$ pz

$2°$ ORDINE $= Q^* - S(t_1) = 1334 - 700 = 634$ pz

PER QUANTO RIGUARDA IL PRIMO ORDINE DEVO FARE IN MODO DI MINIMIZZARE 2 RISCHI (COLLEGATI PERÒ A 2 ORIZZONTI TEMPORALI DIFFERENTI):

1) COSTO DELLO STOCKOUT TRA $t_0 \to t_2$ OVVERO NEL PERIODO FUORI CONTROLLO PRIMA DELL'ARRIVO DEL SECONDO ORDINE

2) COSTO DELL'INVENDUTO DOPO t_3, OVVERO SE A FINE CICLO MI AVANZERÀ QUALCOSA IN MAGAZZINO.

DOVRÒ QUINDI AVERE INFORMAZIONI SU:

$t_0 \to t_2 \rightsquigarrow f_{d_I}$ OVVERO LA DISTRIBUZIONE DELLA DOMANDA (I = INIZIALE, PRIMA DEL $2°$ PERIODO)

$t_0 \to t_3 \rightsquigarrow f_{d_T}$ DISTRIBUZIONE DELLA DOMANDA TOTALE.

FUNZIONE DI COSTO TOTALE:

$$C_{TOT} = \underbrace{c\int_0^{Q_I} (Q_I - x)\, f_{d_T}(x)\, dx}_{\text{COSTO DELLO SMALTIMENTO A FINE PERIODO, } (Q_I - x) \text{ QUANTITÀ INVENDUTE}} + \underbrace{m\int_{Q_I}^{+\infty} (x - Q_I)\, f_{d_I}(x)\, dx}_{\text{MANCATE VENDITE O COSTO DELLO STOCKOUT, } (x - Q_I) \text{ CLIENTI INSODDISFATTI.}}$$

GLI SCENARI DI MANCATE VENDITE TRA $[0, Q_I]$ HANNO PROBABILITÀ NULLA, COSÌ COME GLI SCENARI DI INVENDUTO TRA $[Q_I, +\infty]$ PERTANTO NON COMPAIONO NELLA FUNZIONE DI COSTO.

$$\frac{\partial C_{TOT}}{\partial Q_I} = \left[\frac{\partial +\infty}{\partial Q_I} \cdot [(x - Q_I) \cdot f_{d_I}(x)]\right]_{+\infty} - \frac{\partial (Q_I)}{\partial Q_I} \left[(x - Q_I) \cdot f_{d_I}(x)\right]_{Q_I} + m\int_{Q_I}^{+\infty} \frac{\partial [(x - Q_I) f(x)]}{\partial Q_I} dx +$$

$$+ \left[\frac{\partial Q_I}{\partial Q_I} \cdot [(Q_I - x) f_{d_T}(x)]\right]_{Q_I} - \frac{\partial 0}{\partial Q_I} \cdot [(Q_I - x) f_{d_T}(x)]_0 + c\int_0^{Q_I} \frac{\partial ((Q_I - x) f_{d_T}(x))}{\partial Q_I} dx$$

$$\frac{\partial C_{TOT}}{\partial Q_I} = m\int_{Q_I}^{+\infty} - f_{d_I}(x)\, dx + c\int_0^{Q_I} f_{d_T}(x)\, dx = 0 \qquad \frac{\partial C_{TOT}}{\partial Q_I} = -m \cdot \left[1 - F_{d_I}(Q_I)\right] + c\, F_{d_T}(Q_I) = 0$$

QUEST'EQUAZIONE NON È IN FORMA CHIUSA PERCHÉ HO DUE DISTRIBUZIONI.

L'EQUAZIONE CI DICE CHE INCREMENTANDO DI 1 UNITÀ LA MIA SCORTA DIMINUISCO LA PROBABILITÀ DI PERDERE MARGINE ($-m$) MA AUMENTO LA PROBABILITÀ DI AVERE INVENDUTO A FINE PERIODO ($+c$)

UNA VOLTA QUINDI SPECIFICATE LE DISTRIBUZIONI È POSSIBILE IDENTIFICARE LE QUANTITÀ Q_I CHE SODDISFA L'EQUAZIONE TRAMITE UNA PROCEDURA DI RICERCA.

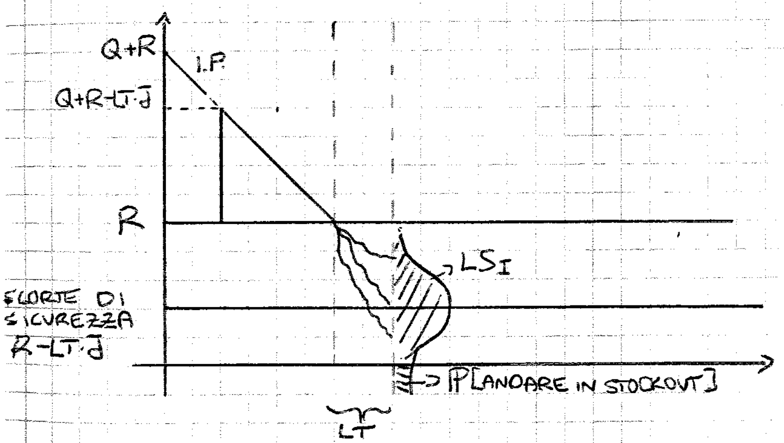
GESTIONE A QUANTITÀ FISSA: MODELLO (Q,R)

UNA MODALITÀ DI GESTIONE DELLE SCORTE È QUELLA DI FISSARE UNA QUANTITÀ Q CHE VIENE ORDINATA OGNI QUALVOLTA LE SCORTE DISPONIBILI SCENDONO SOTTO UN LIVELLO DI RIORDINO R. NATURALMENTE, OPERARE SECONDO QUESTA MODALITÀ RICHIEDE DI OSSERVARE CONTINUATIVAMENTE IL LIVELLO DELLE SCORTE (CONTINUOUS REVIEW).

PER CONOSCERE L'EFFETTIVO LIVELLO DELLE SCORTE, TUTTE LE MOVIMENTAZIONI DI MAGAZZINO DEVONO ESSERE OPPORTUNAMENTE REGISTRATE E SI DEVONO TENERE IN DEBITO CONTO I PRODOTTI DIFETTOSI O EVENTUALMENTE RUBATI ECC..., ALTRIMENTI IL SISTEMA INFORMATIVO È IN GRADO DI FORNIRE NUMERI IN TEMPO REALE, MA QUESTI RISCHIANO DI ESSERE UN'IMMAGINE DELLA REALTÀ FORTEMENTE DISTORTA.

INOLTRE È SULLA BASE DELLE SCORTE DISPONIBILI CHE VANNO PRESE LE DECISIONI RELATIVE AL LANCIO DI UN ORDINE. PER QUANTO RIGUARDA INVECE IL VERIFICARSI O MENO DI UNA SITUAZIONE DI STOCKOUT LA VARIABILE RILEVANTE È LA SCORTA FISICA.

PRIMA DI FORMULARE CON MAGGIOR PRECISIONE IL PROBLEMA È OPPORTUNO MATURARE ALCUNI FATTI INTUITIVI.



LA SCORTA DI SICUREZZA È UNA SCORTA CHE, SE LA DOMANDA VA COME PREVISTO, NON VIENE TOCCATA $SS = R - E[d] \cdot LT$

SE LA DISTRIBUZIONE DI PROBABILITÀ È SIMMETRICA, ANCHE LA DISTRIBUZIONE DELLE SCORTE PRIMA DI RICEVERE LA MERCE LO SARÀ; QUINDI NEL 50% DEI CASI LA SCORTA $R = LT \cdot d$ NON SAREBBE SUFFICIENTE AD EVITARE UNO STOCKOUT.

QUANDO ORDINIAMO L'INVENTORY POSITION SI SPOSTA A R+Q MA LA QUANTITÀ FISICA DURANTE IL LEAD TIME CONTINUA A DIMINUIRE.

IL MOMENTO VERAMENTE CRITICO DEL MIO SISTEMA È IL PERIODO DI LT DETTO PERIODO DI FUORI CONTROLLO IN CUI SIAMO IN ATTESA CHE L'ORDINE EMESSO ARRIVI, NELLA SPERANZA CHE LE SCORTE NON SI ESAURISCANO PRIMA DEL TEMPO; (CON $SS=0$ $LS_I = 50\%$)

FUNZIONE DI COSTO:

LE VOCI DI COSTO RILEVANTI NELLE CONDIZIONI DI QUESTO MODELLO SONO:

COSTO TOTALE = COSTO MANTENIMENTO SCORTE + COSTO DI ORDINAZIONE + COSTO DELLO STOCKOUT.

COSTO STOCKOUT $= p_u \cdot \frac{\bar{d}}{Q} \cdot n(R) = p_u \cdot \frac{\bar{d}}{Q} \cdot \int_R^{+\infty} (x-R) f(x) dx$

QUINDI

$C_{TOT} = A \cdot \frac{\bar{d}}{Q} + h \cdot [(R - \bar{d}_{LT}) + \frac{Q}{2}] + p_u \cdot \frac{\bar{d}}{Q} \cdot n(R)$

(p_u: COSTO UNITARIO DEL MANCATO SERVIZIO.)

NEL CASO IN CUI SIANO DISPONIBILI INFORMAZIONI AFFIDABILI CIRCA IL COSTO DEL MANCATO SERVIZIO AD UN CLIENTE SI PUÒ PROCEDERE DERIVANDO I COSTI TOTALI RISPETTO AI 2 PARAMETRI DI CONTROLLO Q ED R.

$\bar{d}$ COSTANTE RISPETTO A Q

$$\frac{\partial\, \text{COSTO TOTALE}}{\partial Q} = \frac{h}{2} - \frac{A\, E[d]}{Q^2} - \frac{p_u \cdot E[d] \cdot n(R)}{Q^2} = 0$$

$$\frac{h}{2} = \frac{1}{Q^2}\left(A \cdot E[d] + p_u \cdot n(R) \cdot E[d]\right)$$

$$Q^2 = \frac{2}{h}\left(A \cdot E[d] + p_u \cdot n(R) \cdot E[d]\right) \qquad Q = \sqrt{\frac{2E[d] \cdot [A + p_u \cdot n(R)]}{h}}$$

$$\frac{\partial\, \text{COSTO TOTALE}}{\partial R} = h + p_u \cdot \frac{E[d]}{Q} \cdot \left[0 - 1 \cdot 0 + \int_R^{+\infty} - f_{d_{LT}}(x) dx\right] = h - p_u \frac{E[d]}{Q} \cdot \left[1 - F_{d_{LT}}[R]\right] = 0$$

$$h - p_u \frac{E[d]}{Q} = - F_{d_{LT}}(R) \cdot p_u \cdot \frac{E[d]}{Q}$$

$$F_{d_{LT}}(R) = \left(-h + p_u \frac{E[d]}{Q}\right) \cdot \frac{Q}{p_u E[d]} \qquad F_{d_{LT}}(R) = 1 - \frac{h\, Q}{p_u\, E[d]}$$

SE AUMENTO R DI UNA UNITÀ AUMENTO IL COSTO DI MAGAZZINO (+h) MA DIMINUISCO LA PROBABILITÀ DI ANDARE IN STOCKOUT.

L'EQUAZIONE COMPARA IL COSTO DI MANTENIMENTO MARGINALE ALLA RIDUZIONE MARGINALE DEL COSTO DI DISSERVIZIO.

SE IL LOTTO DI ACQUISTO È RELATIVAMENTE ALTO (Q ALTO), IL LIVELLO DI R TENDERÀ A SCENDERE POICHÉ NON HA MOLTO SENSO TENERE SEMPRE FERME DELLE SCORTE PER RIDURRE LA PROBABILITÀ DELLO STOCKOUT ALLA FINE DEL LUNGO CICLO GENERATO DA UN LOTTO GRANDE

MATEMATICAMENTE SE Q SALE, R SCENDE, $\left(h - p_u \frac{E[d]}{Q} \cdot [1 - F_{d_{LT}}(R)] = 0\right)$.

PER QUANTO RIGUARDA IL PROCESSO DI SOLUZIONE, LE CONDIZIONI DI OTTIMALITÀ NON SONO DUE EQUAZIONI INDIPENDENTI, INFATTI:

$Q^* = \sqrt{\frac{2E[d] \cdot (A + p_u \cdot n(R^*))}{h}}$ $\quad Q^*$ È FUNZIONE DI R^*

$F_{d_{LT}}(R) = 1 - \frac{h \cdot Q^*}{p_u \cdot E[d]}$ $\quad$ R È FUNZIONE DI Q^*

UN POSSIBILE APPROCCIO È QUELLO DI TROVARE UNA SOLUZIONE ITERATIVAMENTE: PARTENDO DA $Q_0 = EOQ$, TROVO UNA PRIMA APPROSSIMAZIONE R_0, INFATTI TROVO

$$F_{d_{LT}}(R_0) = 1 - \frac{h \cdot EOQ}{p_u \cdot E[d]} = LS$$

SUPPONENDO CHE $d_{LT} \sim N(\mu, \sigma)$ RICAVO z_{LS} E TROVO R_0 $\quad R_0 = \mu + z_{LS}\, \sigma$

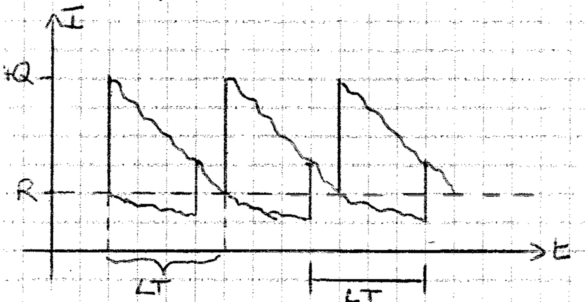
:R TENER SOTTO CONTROLLO I COSTI DI STOCKOUT SPESSO SI DEFINISCE UN LIVELLO DI
:RVIZIO MINIMO.

MODO MOLTO SEMPLICISTICO, PER SCEGLIERE Q ED R APPROPRIATI, POSSIAMO CONSIDERARE
A FUNZIONE DI COSTO TOTALE COME SCOMPOSTA IN 2 PARTI:

$$\text{:OT} = \underbrace{A \cdot \frac{E[d]}{Q} + h \cdot \frac{Q}{2}}_{\substack{\text{PARTE DIPENDENTE}\\ \text{DA Q (SE MINIMIZZO}\\ \text{TROVO EOQ)}}} + \underbrace{h \cdot (R - E[d] \cdot LT) + p_u \frac{E[d]}{Q} \cdot n(R)}_{\text{COSTO VINCOLATO DAL LIVELLO DI SERVIZIO.}}$$

:INDI $Q^* = EOQ$ MENTRE PER TROVARE R^* FISSO UNA PERCENTUALE MASSIMA DI CLIENTI PERSI
UN CICLO (OVVERO COMPLEMENTARE DEL LIVELLO DI SERVIZIO FISSATO). $LS_{II} = \beta \rightarrow 1-\beta$.

:R CICLO SI INTENDE O IL TEMPO CHE INTERCORRE TRA L'EMISSIONE DI DUE ORDINI (GUARDANDO
L'I_P) O TRA L'ARRIVO/CONSEGNA DI DUE ORDINI (GUARDANDO L'I_P FISICO).
:ANDO L'I_P OTTENGO COSTI MIGLIORI.



:A L'EMISSIONE DI 2 ORDINI MI ATTENDO DI CONSUMARE IN MEDIA Q PEZZI, OVVERO DI AVERE
A DOMANDA IN UN CICLO DI Q PEZZI IN MEDIA.

:INDI $(1-\beta) \cdot Q = n(R)$ N° DI CLIENTI INSODDISFATTI ATTESI IN UN CICLO

$$(R^*) = (1-\beta) \cdot Q^* \qquad L(z) = \frac{n(R^*)}{\sigma_{dLT}} \rightarrow z \qquad R^* = \mu_{dLT} + z\sigma_{dLT}$$

:TA: AL CRESCERE DI z, L(z) DIMINUISCE, INFATTI AUMENTARE z VUOL DIRE AUMENTARE IL
:MERO DI SCORTE R E QUINDI AVERE UNA PROBABILITÀ MINORE DI CLIENTI INSODDISFATTI.
:BBENE SEMPLICE, QUESTO APPROCCIO NON È OTTIMALE PERCHÉ Q È FISSATO ED È $< Q^*$
:(SUBOTTIMALE) PERCHÉ NON CONSIDERA IL COSTO DELLO STOCKOUT p_u.

ALTRO MODO PER RISOLVERE IL PROBLEMA RISPETTANDO IL VINCOLO DEL LIVELLO DI
:RVIZIO PUÒ ESSERE QUELLO DI CONSIDERARE IN PRIMA APPROSSIMAZIONE $Q_0 = EOQ$ COME
:A PRIMA STIMA PER GIUNGERE PERÒ A R_0 INFATTI:

$$(R_0) = (1-\beta) \cdot Q_0$$

$$z) = \frac{n(R_0)}{\sigma_{dLT}} \rightarrow z \qquad R_0 = \mu_{dLT} + z \cdot \sigma_{dLT}$$

QUESTO PUNTO, CONSIDERANDO LA CONDIZIONE DI OTTIMALITÀ PER LA QUALE

$$- p_u \cdot \frac{E[d]}{Q} [1 - F_{dLT}(R)] = 0 \quad \text{RICAVO} \quad p_u = \frac{h \cdot Q}{E[d] \cdot [1 - F_{dLT}(R)]}$$

SOSTITUISCO p_u NELL'EQUAZIONE DI Q.

$$_2 = \frac{5,85}{\underbrace{1-0,6554}_{0,3446}} + \sqrt{\left(\frac{5,85}{1-0,6554}\right)^2 + \frac{2\cdot 200\cdot 50}{2}} = 118,4 \qquad n(R_2) = 0,05\cdot 118,4 = 5,92$$

$$(z) = \frac{n(R_2)}{\sigma_{dLT}} = \frac{5,92}{25} \simeq 0,2368 \rightarrow z = 0,38 \qquad R_2 = 100 + 25\cdot 0,38 = 109,5$$

$$F(0,38) = 0,6480$$

$$p_u = \frac{h\cdot Q_2}{E[d]\cdot[1-F_{dLT}(R_2)]} = 3,36 \text{ €/pezzo.}$$

TTIMIZZAZIONE DELLA GESTIONE (Q,R) IN CASO DI COSTO LEGATO ALLA PRESENZA ELLO STOCKOUT (NON SPIEGATO DA ZOTTERI)

NCHE NEL CASO DI COSTO DEL DISSERVIZIO LEGATO ALLA PRESENZA DELLO STOCKOUT È SSIBILE OTTIMIZZARE IL LIVELLO DEI DUE PARAMETRI Q ED R:

$$\frac{C_{TOT}}{Q} = -\frac{A\cdot \bar{d}}{Q^2} + \frac{h}{2} - \frac{p\cdot \bar{d}}{Q^2}\int_R^{+\infty} f_{dLT}(x)\,dx = \frac{h}{2} - \frac{\bar{d}}{Q^2}\cdot\left(A + p\cdot(1-F_{dLT}(x))\right) = 0$$

$$\frac{C_{TOT}}{R} = h - \frac{p\cdot \bar{d}}{Q} f_{dLT}(R) = 0$$

$$^* = \sqrt{\frac{2\bar{d}[A + p\cdot(1-F_{dLT}(R^*))]}{h}} \qquad f_{dLT}(R^*) = \frac{p\cdot \bar{d}}{Q^*\cdot h}$$

ESTIONE (Q,R) IN CASO DI VINCOLO SUL LIVELLO DI SERVIZIO TYPE I

VOLTE NON È FACILE OTTIMIZZARE LA GESTIONE DELLE SCORTE PER IL SEMPLICE MOTIVO IE NON SI CONOSCONO ALCUNI PARAMETRI DI COSTO E QUINDI LA FUNZIONE OBIETTIVO. PER JESTO MOTIVO SI AGGIRA IL PROBLEMA IMPONENDO DEI VINCOLI SUL LIVELLO DI SERVIZIO 'PE I.

PUÒ SEPARARE LA FUNZIONE DI COSTO IN DUE PARTI, LA PRIMA RICONDUCIBILE ALL'EOQ LA SECONDA LEGATA ALLA SCELTA DI R E IN QUALCHE MODO VINCOLATA DAL LIVELLO SERVIZIO.

SCEGLIE Q PARI AL LOTTO ECONOMICO IN MANIERA TALE DA MINIMIZZARE LA PRIMA RTE DELLA FUNZIONE DI COSTO E FISSARE R IN MANIERA TALE DA RISPETTARE IL NCOLO RELATIVO AL LIVELLO DI SERVIZIO.

SEMPIO

$= 50$ € $\quad h = 2$ €/ANNO·PEZZO $\quad d_{LT} \sim N(100, 25) \quad F_{dLT}(R) = LS_I = \alpha = 0,95 \Rightarrow z = 1,65$

$$= \sqrt{\frac{2\cdot A\cdot E[d]}{h}} = 100$$

$$= \mu_{dLT} + \sigma_{dLT}\cdot z = 100 + 25\cdot 1,65 = 141,25$$

$$S_{II} = ? \qquad n(R) = L(z)\cdot\sigma_{dLT} = L(1,65)\cdot 25 = 0,516$$

$$R) = (1-\beta)\cdot Q \qquad n(R) = Q - Q\beta \qquad \beta = \frac{Q - n(R)}{Q} = 0,9948 \Rightarrow 99,48\%$$

ATTENDO $\frac{E[d]}{Q}\cdot(1-LS_I) = \frac{200}{100}\cdot(1-0,95) = 0,1$ STOCKOUT ALL'ANNO

MENTANDO Q DIMINUISCE IL NUMERO DI STOCKOUT ATTESI.

)STENERE:

OSTO DI ORDINAZIONE → FISSATA LA PERIODICITÀ DI RIORDINO τ I COSTI DI ORDINAZIONE
.NO FISSATI ADDIRITTURA IN MODO DETERMINISTICO E NON SOLO IN TERMINI ATTESI.

$$C_{OR} = \frac{A}{\tau}$$

OSTO DI MANTENIMENTO SCORTE → QUESTO COSTO DIPENDE SIA DA S CHE DA τ PERCHÉ S
EFINISCE IL LIVELLO MASSIMO DI SCORTE MENTRE PIÙ τ È LUNGO E PIÙ SONO ALTE LE
CORTE CICLO.

$$_{MANT} = h \cdot \underbrace{[S - (LT + \tau/2) \cdot \bar{d}]}_{\text{LIVELLO MEDIO SCORTE}}$$

OSTO DELLO STOCKOUT → DIPENDE SIA DA S CHE DA τ.

'EL CASO DI COSTO DELLO STOCKOUT LEGATO ALLA SUA DIMENSIONE IL COSTO ATTESO IN
V PERIODO È PARI A:

$$_{S.O.} = \frac{P_u}{\tau} \cdot n(S) = \frac{P_u}{\tau} \cdot \int_S^{+\infty} (x-S) \cdot f_{d_{LT+\tau}}(x)\,dx$$

ENTRE NEL CASO DI COSTO LEGATO ALLA SEMPLICE PRESENZA DELLO STOCKOUT IL COSTO
TTESO IN UN PERIODO È PARI A:

$$_{S.O.} = \frac{P}{\tau} \int_S^{+\infty} f_{d_{LT+\tau}}(x)\,dx$$

$$_{TOT} = C_{OR} + C_{MANT} + C_{S.O.}$$ (CONSIDERIAMO COSTO STOCKOUT LEGATO ALLA DIMENSIONE).

$$_{TOT} = \frac{A}{\tau} + h\,[S - (LT + \tau/2)\,\bar{d}\,] + \frac{P_u}{\tau} \int_S^{+\infty} (x-S) \cdot f_{d_{LT+\tau}}(x)\,dx$$

$$\frac{C_{TOT}}{S} = h + \frac{P_u}{\tau} \int_S^{+\infty} - f_{d_{LT+\tau}}(x)\,dx = 0 \qquad h = \frac{P_u}{\tau} \int_S^{+\infty} f_{d_{LT+\tau}}(x)\,dx$$

$$= \frac{P_u}{\tau} \cdot \left[1 - F_{d_{LT+\tau}}(S)\right] \qquad h - \frac{P_u}{\tau} = - F_{d_{LT+\tau}}(S)\frac{P_u}{\tau} \qquad F_{d_{LT+\tau}}(S) = 1 - \frac{h\tau}{P_u}$$

IMENTANDO DI 1 LE SCORTE MI PORTO DIETRO IL COSTO h, PERÒ RIDUCO LA PROBABILITÀ
I AVERE STOCKOUT IN QUANTO $\frac{1}{\tau}$ VOLTE POSSO USARE IL PEZZO IN PIÙ NELLA SCORTA.

$$\frac{C_{TOT}}{\tau} = -\frac{h}{2} \cdot \bar{d} - \frac{A}{\tau^2} - \frac{P_u}{\tau^2} \cdot n(S) + \frac{P_u}{\tau} \frac{\partial n(S)}{\partial \tau}$$

$$= -\frac{h}{2}\bar{d} - \frac{A}{\tau^2} - \frac{P_u}{\tau^2} \cdot \int_S^{+\infty} (x-S)\, f_{d_{LT+\tau}}(x)\,dx + \frac{P_u}{\tau} \int_S^{+\infty} (x-S)\, \frac{\partial f_{d_{LT+\tau}}(x)}{\partial \tau}\,dx = 0$$

ON POSSO TROVARE UNA FORMULA IN FORMA CHIUSA.

V AUMENTO DI τ PROVOCA UN AUMENTO SIA DEL VALORE ATTESO CHE DELLA DEVIAZIONE
ANDARD DELLA DOMANDA, MA QUANTIFICARE QUESTO CAMBIAMENTO IN FORMA CHIUSA È
TT'ALTRO CHE FACILE. INFATTI, AUMENTARE τ HA EFFETTI NON BANALI SULLA STRUTTURA
ELLA DISTRIBUZIONE DI PROBABILITÀ.

R QUESTO MOTIVO SPESSO SI RINUNCIA A TROVARE L'OTTIMO DELLA FREQUENZA τ E
PRENDE $\frac{1}{\tau} = \frac{\bar{d}}{Q}$ $\qquad \tau = \frac{Q}{\bar{d}} = \frac{\sqrt{\frac{2A \cdot \bar{d}}{h}}}{\bar{d}} = \sqrt{\frac{2A}{\bar{d} \cdot h}}$

QUAL È IL LEGAME TRA PREVISIONE E GESTIONE DELLE SCORTE?

.A PREVISIONE NEI PERIODI VIENE SOMMATA PER TROVARE $M_{\tau+LT}$.

PER TROVARE LO SCARTO QUADRATICO, AVENDO A DISPOSIZIONE DELLE SERIE STORICHE, VADO
I GUARDARE L'RMSE CHE, IN QUESTO CASO, CALCOLATO NEI SEI MESI CORRISPONDE ALLA σ_{LT}.

POLITICA (S, s)

.A POLITICA S È SPESSO UTILIZZATA MA A VOLTE PUÒ CONDURRE A DELLE DECISIONI DI
APPROVVIGIONAMENTO CHE SONO CERTAMENTE POCO RAZIONALI, PERCHÉ SI POTREBBE GIUNGERE
O ORDINARE UNA QUANTITÀ DI PRODOTTO MOLTO LIMITATA NEL CASO IN CUI IL LIVELLO DELLE
CORTE DISPONIBILI SIA SOLO MARGINALMENTE INFERIORE AD S, MENTRE IN QUESTO CASO
OTREBBE ESSERE PREFERIBILE EVITARE DI EFFETTUARE UN ORDINE CON UNA RIDUZIONE DEL
VELLO DI SERVIZIO OFFERTO SOLAMENTE MARGINALE.

ER QUESTO MOTIVO SI INTRODUCE LA POLITICA (S, s). SECONDO QUESTA POLITICA, OGNI τ PERIODI
I CONTROLLA IL LIVELLO DELLE SCORTE DISPONIBILI E SE QUESTO È INFERIORE AD s SI
ORDINA FINO A RAGGIUNGERE IL LIVELLO S.

IODELLIZZARE QUESTO SISTEMA È PERÒ COMPLESSO:

L NUMERO DI ORDINI EFFETTUATI È UNA VARIABILE CASUALE CHE DIPENDE DALLA FREQUENZA
ON LA QUALE SI SCENDE SOTTO IL LIVELLO s

L LIVELLO DI SERVIZIO OFFERTO IN CIASCUN PERIODO NON È COSTANTE.

ALCOLARE IL LIVELLO MEDIO DELLE SCORTE NON È FACILE. CONOSCERE LA DISTRIBUZIONE
COMPLESSO PERCHÉ NON SI SA A CHE DOMANDA FAR RIFERIMENTO ($LT+\tau$ O $LT+2\tau$ O $LT+3\tau$)

N POSSIBILE MODO EURISTICO PER GESTIRE IL SISTEMA (S, s) È IL SEGUENTE:

$S - s = Q = EOQ$

OPPURE PONIAMO $s = R$, IN QUESTO CASO SE τ È PICCOLO IL MODELLO (S, s) SI RICONDUCE
PRATICAMENTE AL MODELLO (Q, R)

N ENTRAMBE LE SOLUZIONI CI SARANNO TANTI PIÙ PROBLEMI TANTO PIÙ τ È GRANDE, PERCHÉ
CONTROLLANDO POCHE VOLTE LE SCORTE, NEL PRIMO CASO RISCHIO DI ORDINARE MOLTO
PIÙ DI (S − s) E NEL SECONDO CASO RISCHIO DI RIMANERE SENZA SCORTE E NON ACCORGERMI
DI NIENTE.

ESEMPIO

$\tau = 1$ MESE $\quad S = 250 \quad s = 100 \quad$ ORDINERÒ IN MEDIA $S - s = 150$

$d \sim N(100, 10)$

$t_0 \rightarrow 250$

$t_1 \rightarrow 250 - d_{t_0 \to t_1} (\sim N(100, 10)) \Rightarrow I.P.(t_1) \sim N(150, 10))$

$t_2 \rightarrow 250 - d_{t_0 \to t_1} - d_{t_1 \to t_2} \Rightarrow \quad I.P.(t_2) \sim N(50, 10\sqrt{2})$

PER ORDINARE IN t_1 DEVO STARE SOTTO A 100 IL CHE È PRATICAMENTE IMPOSSIBILE (-5σ)

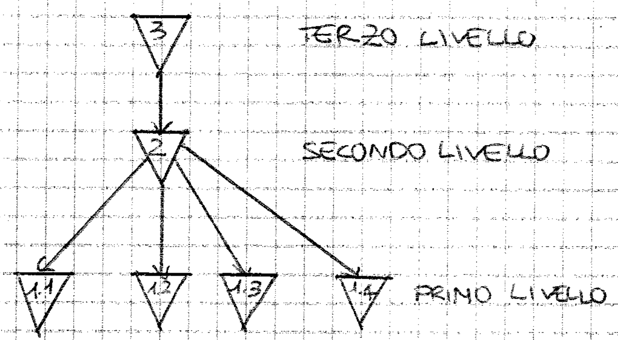
RISCHIO QUINDI DI ORDINARE UNA VOLTA OGNI 2 MESI CIRCA 200 PEZZI INVECE DI 150.

UELLA DELL'INGEGNERE.

N SOSTANZA UN CLASSICO INGEGNERE CERCA DI TROVARE DEGLI ALGORITMI CHE FORNISCANO ELLE SOLUZIONI MIGLIORI A PROBLEMI NON BANALI. LA PROSPETTIVA DELL'INGEGNERE È HÉ I GESTORI DI UN SISTEMA DISTRIBUTIVO NON SONO SUFFICIENTEMENTE INTELLIGENTI E UINDI HANNO BISOGNO DEL SUPPORTO DI ALGORITMI A COMPUTER PER POTER SVILUPPARE IANI MIGLIORI. IN QUESTO SENSO PER UN INGEGNERE GLI UOMINI SONO BEN DISPOSTI D IMPLEMENTARE SOLUZIONI OTTIMALI SE SOLAMENTE QUESTE SONO LORO PROPOSTE.

A PROSPETTIVA CLASSICA DI UN ECONOMISTA È DIVERSA. PER UN ECONOMISTA GLI UOMINI SONO STREMAMENTE BRILLANTI, MA INTERESSATI ALLA MASSIMIZZAZIONE DEL LORO BENESSERE. PER UESTO MOTIVO, PER UN ECONOMISTA, NON È PER NULLA OVVIO CHE DI FRONTE AD UN PIANO OTTIMALE N OPERATORE SIA NATURALMENTE PORTATO AD IMPLEMENTARLO, PER IL SEMPLICE MOTIVO CHE OTREBBE NON CONVENIRGLI.

UINDI PER POTER AFFRONTARE CON SUCCESSO LA GESTIONE DI UN SISTEMA DISTRIBUTIVO NEL UALE CONVIVONO ATTORI ED UNITÀ ORGANIZZATIVE DIFFERENTI È NECESSARIO DA UN LATO VILUPPARE PIANI OTTIMALI MA ANCHE METTERE A PUNTO SISTEMI DI CONTRATTI, NCENTIVI E CONDIVISIONE DEI BENEFICI TALI DA GARANTIRNE UNA PIENA MPLEMENTAZIONE.



NOI TRATTEREMO SOLO MODELLI CHE NON PERMETTONO TRASFERIMENTI ORIZZONTALI PER DIVERSI MOTIVI:

N PRIMO LUOGO IN MOLTISSIMI CASI I TRASFERIMENTI ORIZZONTALI NON SONO UTILIZZATI ER PROBLEMI ECONOMICO/ORGANIZZATIVI, CIOÈ LEGATI AGLI INCENTIVI DEI GESTORI DEI SINGOLI AGAZZINI. INOLTRE IN ALCUNE CATENE DI NEGOZI (PER ESEMPIO ZARA) QUESTA PRATICA IENE DISINCENTIVATA PER SPINGERE I GESTORI DI CIASCUN NEGOZIO A SENTIRSI ESPONSABILI DELLE SCORTE E DELLA LORO VENDITA.

N SECONDO LUOGO, PER PRODOTTI DI BASSO VALORE PER UNITÀ DI VOLUME O PESO POTREBBE SSERE ANTI-ECONOMICO SPOSTARE IL PRODOTTO DA UN PUNTO VENDITA ALL'ALTRO PERCHÉ L COSTO DI UN TRASPORTO URGENTE PUNTO PUNTO POTREBBE ESSERE MOLTO SUPERIORE I SUOI BENEFICI.

NFINE, LA PRESENZA DI TRASFERIMENTI ORIZZONTALI COMPLICA SIGNIFICATIVAMENTE

VOLTRE ASSUMIAMO CHE LE CONDIZIONI INIZIALI SODDISFINO LE SEGUENTI CONDIZIONI.

$R^i_n < IP^i_{n,0} \le R^i_n + Q_n$

$R^e_n < IP^e_{n,0} \le R^e_n + Q_n$

FINE ASSUMIAMO CHE QUANDO UN CLIENTE EMETTE UN ORDINE IL FORNITORE LO RICEVA IMMEDIATAMENTE QUINDI A UN AUMENTO DELL' $IP^i_{n,t}$ DEL CLIENTE CORRISPONDE UNA RIDUZIONE DEL LIVELLO DELL' $I.P^e_{n+1,t}$

POLITICA INSTALLATION STOCK (Q,R) NESTED

DEFINIAMO NESTED (ANNIDATA) UNA POLITICA DI GESTIONE SE, NELL'ISTANTE IN CUI UN MAGAZZINO A LIVELLO n EFFETTUA UN ORDINE, ANCHE I MAGAZZINI AI LIVELLI $1,\dots,n-1$ HANNO EFFETTUATO UN ORDINE;

SECONDO UNA POLITICA INSTALLATION, L'INVENTORY POSITION PRESENTE IN n DIMINUISCE E QUINDI PUÒ SCENDERE SOTTO R^i_n SOLO QUANDO IL MAGAZZINO $n-1$ EFFETTUA UN ORDINE. QUINDI UNA CONDIZIONE NECESSARIA MA NON SUFFICIENTE PERCHÉ IL MAGAZZINO n ATTRAVERSI IL PUNTO DI RIORDINO È CHE ANCHE IL MAGAZZINO $n-1$ EFFETTUI UN ORDINE.

IL METODO DI GESTIONE INSTALLATION È QUINDI GUIDATO DALLA DOMANDA INTERNA AL SISTEMA DISTRIBUTIVO.

LA POLITICA ECHELON INVECE NON È PER DEFINIZIONE NESTED. INFATTI, UN ORDINE EFFETTUATO DAL MAGAZZINO $n-1$ AL MAGAZZINO n NON MUTA ASSOLUTAMENTE $IP^e_{n,t}$ PERCHÉ LA RIDUZIONE DEL LIVELLO DELLE SCORTE DISPONIBILI AL LIVELLO n È CONTROBILANCIATO DALL'AUMENTO DELLE SCORTE DISPONIBILI AL LIVELLO $n-1$.

AL CONTRARIO, CIÒ CHE CREA UNA RIDUZIONE DEL LIVELLO DELL'INVENTORY POSITION IN UNA LOGICA ECHELON È SOLO LA DOMANDA FINALE. PERCIÒ IN GENERALE IL MAGAZZINO n PUÒ RAGGIUNGERE IL SUO LIVELLO DI ORDINAZIONE R^e_n ANCHE QUANDO IL MAGAZZINO $n-1$ NON HA APPENA EMESSO UN ORDINE.

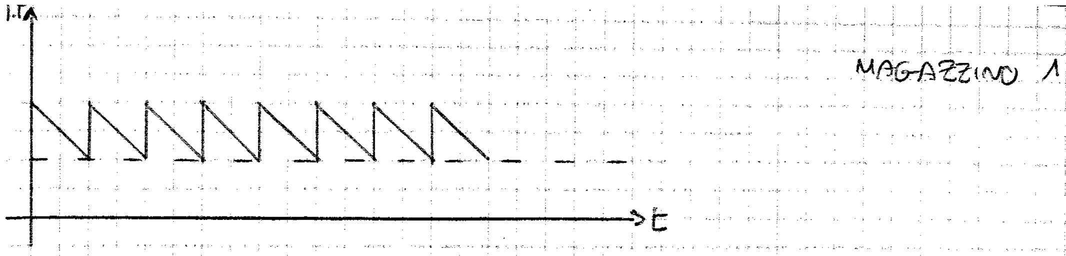
DA QUI IN POI SUPPORREMO CHE:

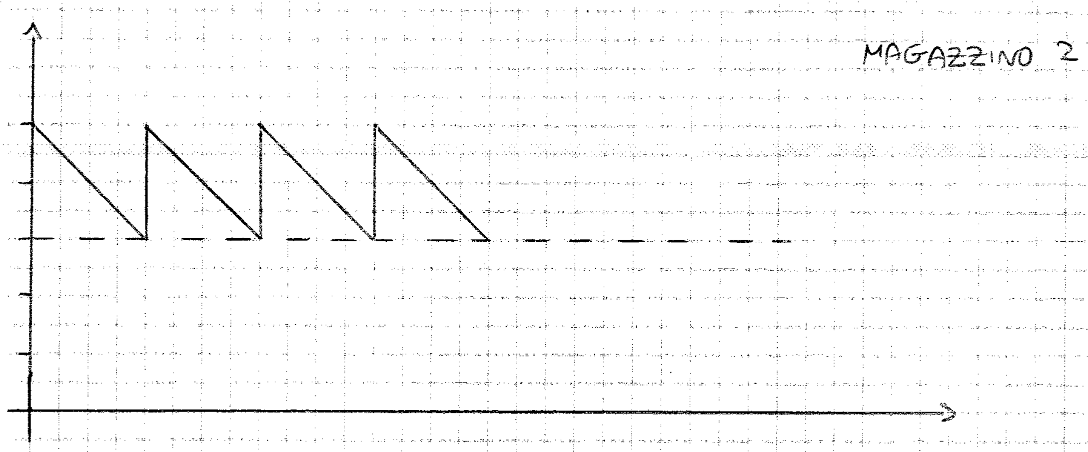
$IP^i_{n,0} - R^i_n = J \cdot Q_{n-1}$ $\quad J \in \mathbb{Z}^+ = \{1,2,3\dots\}$ IN MODO TALE CHE IL LIVELLO DI RIORDINO R^i_n SIA RAGGIUNTO ESATTAMENTE. QUALSIASI LIVELLO DI RIORDINO PARI A $R^i_n + Y$ CON $0 \le Y \le Q_{n-1}$ GENERERÀ DEGLI ORDINI ESATTAMENTE NELLO STESSO ISTANTE DEL LIVELLO DI RIORDINO R^i_n

POLITICA ECHELON NESTED

LA POLITICA INSTALLATION STOCK PUÒ ESSERE SOSTITUITA DA UNA OPPORTUNA POLITICA ECHELON STOCK CHE GENERI GLI STESSI ORDINI.

PERCHÉ UNA LOGICA ECHELON GENERI ORDINI DI DIMENSIONI UGUALI A QUELLI DELLA LOGICA INSTALLATION È SUFFICIENTE SCEGLIERE LOTTI DI DIMENSIONI IDENTICHE; PER FAR SÌ CHE LA LOGICA ECHELON GENERI GLI ORDINI NEGLI STESSI ISTANTI IN CUI LA LOGICA INSTALLATION GENERA SARÀ NECESSARIO CHE NELL'ISTANTE t_0, APPENA EFFETTUATO UN ORDINE NEL MAGAZZINO n, LA SCORTA DISPONIBILE IP^e_{n,t_0^+} SIA PARI A QUELLA GENERATA DALLA





N I NUOVI PARAMETRI ECHELON SI ORDINA NEGLI STESSI ISTANTI DELLA POLITICA INSTALLATION

OLITICA ECHELON NESTED SOSTITUITA DA UNA POLITICA INSTALLATION

R QUANTO RIGUARDA IL PRIMO MAGAZZINO, PER FAR SI CHE LA POLITICA INSTALLATION PLICHI IL COMPORTAMENTO DI QUELLA ECHELON NESTED È SUFFICIENTE SCEGLIERE $_1 = R_1^e$.

R QUANTO RIGUARDA INVECE GLI ALTRI MAGAZZINI, IL GENERICO MAGAZZINO n RIORDINERÀ ATTAMENTE IN t_0 IN CUI IL LIVELLO DELLA SCORTA DISPONIBILE SECONDO LA LOGICA HELON TOCCA IL LIVELLO DI RIORDINO R_n^e E RISALE IMMEDIATAMENTE AL LIVELLO $^e_{,t_0^+} = R_n^e + Q_n$; NATURALMENTE POICHÉ LA POLITICA ECHELON È NESTED ANCHE TUTTI I GAZZINI 1, ..., K, ..., n-1 HANNO EMESSO UN ORDINE IN t_0 E QUINDI HANNO GGIUNTO $IP^e_{K,t_0^+} = R_K^e + Q_n$

Ò VUOL DIRE CHE PER CHI ANALIZZA IL SISTEMA IN UN'OTTICA INSTALLATION,