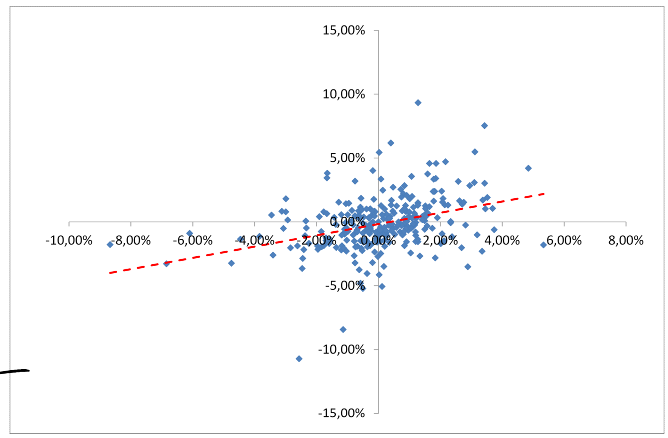
Stime del VaR di un portafoglio composto da due titoli: esempio in excel

VaR INT	€	23.575,83
VaR VOLKS	€	19.227,10

Aggregazione?

Quantificazione della correlazione tra i rendimenti dei due titoli

$$\rho \in [-1\,;\,+1]$$



$$\rho_{\substack{A;B\\ SEMPL}} = \frac{Cov_{SEMPL}(R_A;R_B)}{\sigma_{\substack{A\\ SEMPL}} \cdot \sigma_{\substack{B\\ SEMPL}}} = \frac{\sum_{i=1}^{T} \frac{(R_i^A - \bar{R}_A)\cdot(R_i^B - \bar{R}_B)}{T-1}}{\sigma_{\substack{A\\ SEMPL}} \cdot \sigma_{\substack{B\\ SEMPL}}}$$

$$\Downarrow$$

$$Hp: \bar{R} = \emptyset$$

$$\rho_{\substack{A;B\\ SEMPL}} = \frac{\sum_{i=1}^{T} \frac{(R_i^A)\cdot(R_i^B)}{T-1}}{\sigma_{\substack{A\\ SEMPL}} \cdot \sigma_{\substack{B\\ SEMPL}}}$$

$$= \frac{\sum_{i=1}^{T} \frac{(R_i^A - \bar{R}_A)\cdot(R_i^B - \bar{R}_B)}{T-1}}{\sigma_{\substack{A\\ SEMPL}} \cdot \sigma_{\substack{B\\ SEMPL}}}, \quad \text{con } \bar{R}_A = \bar{R}_B = \emptyset$$

VaR INT	€	23.575,83
VaR VOLKS	€	19.227,10

$\Rightarrow$ VAR_1, VAR_2

correlaz	0,36

$\Rightarrow \rho_{12}$

$$C = A + B \Rightarrow \sigma_C = \sqrt{\sigma_A^2 + \sigma_B^2 + 2 \cdot \sigma_A \cdot \sigma_B \cdot \rho_{AB}}$$

$$\Downarrow$$

$$VAR_{PORT} = \sqrt{VAR_1^2 + VAR_2^2 + 2 \cdot VAR_1 \cdot VAR_2 \cdot \rho_{12}}$$

Date	Intesa SP	VOLKSW
23/08/2022	1,82%	2,39%
24/08/2022	0,80%	-0,97%
25/08/2022	-1,43%	0,35%
26/08/2022	-3,07%	-0,51%
29/08/2022	0,97%	-0,43%
30/08/2022	1,65%	4,58%
31/08/2022	-0,37%	-4,04%
01/09/2022	-1,69%	-1,25%
02/09/2022	2,62%	1,65%
05/09/2022	-2,37%	-1,08%
06/09/2022	0,40%	6,18%
07/09/2022	-0,22%	-1,75%
08/09/2022	2,38%	-1,15%
09/09/2022	5,33%	-1,80%

lim rischio giorn		€ 43.412,16
Liv.conf.		99,0%
VM INT	€	600.000,00
VM Volks	€	400.000,00
sigma INT		1,69%
sigma VOLKS		2,07%
multiplo (k)		2,326
VaR INT	€	23.575,83
VaR VOLKS	€	19.227,10
correlaz		0,36
VaR PORTAFOGLIO	€	35.386,46

=RADQ(F9^2+F10^2+2*F9*F10*F11)

Esempio su excel: Un portafoglio composto da tre titoli

VaR INT	€	11.787,91	VAR_1
VaR VOLKS	€	9.613,55	VAR_2
VaR NOKIA	€	20.957,78	VAR_3

numero $\rho = \dfrac{n \cdot (n-1)}{2}$

n = n° titoli in portafoglio

$n = 3 \quad$ num. $\rho = \dfrac{3 \cdot (3-1)}{2} = 3$

In presenza di molti titoli in portafoglio è opportuno utilizzare una matrice in grado di sintetizzare tutte le correlazioni $\Rightarrow$

	T_1	T_2	T_3
T_1	+1	ρ_{12}	ρ_{13}
T_2	ρ_{21}	+1	ρ_{23}
T_3	ρ_{31}	ρ_{32}	+1

VaR Port 3 Titoli → VAR_1 ρ_{12}, VAR_2 ρ_{13}, VAR_3 ρ_{23}

$$\to VAR_{PORT} = \sqrt{VAR_1^2 + VAR_2^2 + VAR_3^2 + 2\cdot VAR_1\cdot VAR_2\cdot\rho_{12} + 2\cdot VAR_1\cdot VAR_3\cdot\rho_{13} + 2\cdot VAR_2\cdot VAR_3\cdot\rho_{23}}$$

$\Downarrow$

100 titoli

→ 100 → VAR_i^2

4.950 → $2\,VAR_i\cdot VAR_j\cdot\rho_{ij}$

→ $\sqrt{\ldots}$

Quando "n" è elevato siamo costretti ad utilizzare l'ALGEBRA MATRICIALE

3 TITOLI

$$VAR_{PORT} = \sqrt{\begin{bmatrix} VAR_1 & VAR_2 & VAR_3 \end{bmatrix}\cdot\begin{bmatrix} 1 & \rho_{12} & \rho_{13} \\ \rho_{21} & 1 & \rho_{23} \\ \rho_{31} & \rho_{32} & 1 \end{bmatrix}\cdot\begin{bmatrix} VAR_1 \\ VAR_2 \\ VAR_3 \end{bmatrix}}$$

=radq(matr.prodotto(matr.prodotto(matr.trasposta(Vcolonna);MatrCorr);Vcolonna))

→ Invio

→ ctrl+⇧+Invio

=RADQ(MATR.PRODOTTO(MATR.PRODOTTO(MATR.TRASPOSTA(F10:F12);F16:H18);F10:F12))

Date	Intesa SP	VOLKSW	NOKIA	lim rischio giorn	€ 43.412,16
23/08/2022	1,82%	2,39%	0,47%	Liv.conf.	99,0%
24/08/2022	0,80%	0,97%	0,22%	VM INT	€ 300.000,00

Date	Intesa SP	VOLKSW	NOKIA	lim rischio giorn	€ 43.412,16		
23/08/2022	1,82%	2,39%	0,47%	Liv.conf.	99,0%		
24/08/2022	0,80%	-0,97%	-0,22%	VM INT	€ 300.000,00		
25/08/2022	-1,43%	0,35%	0,94%	VM Volks	€ 200.000,00		
26/08/2022	-3,07%	-0,51%	-1,33%	VM NOKIA	€ 550.000,00		
29/08/2022	0,97%	-0,43%	-2,85%	sigma INT	1,69%		
30/08/2022	1,65%	4,58%	-0,08%	sigma VOLKS	2,07%		
31/08/2022	-0,37%	-4,04%	4,41%	sigma NOKIA	1,64%		
01/09/2022	-1,69%	-1,25%	-0,66%	multiplo (k)	2,326		
02/09/2022	2,62%	1,65%	1,63%	VaR INT	€ 11.787,91		
05/09/2022	-2,37%	-1,08%	-0,77%	VaR VOLKS	€ 9.613,55		
06/09/2022	0,40%	6,18%	-0,38%	VaR NOKIA	€ 20.957,78		
07/09/2022	-0,22%	-1,75%	0,00%	VaR PORTAFOGLIO	€ 32.204,39	€ 32.204,39	
08/09/2022	2,38%	-1,15%	0,16%		algebra tradizionale	algebra matriciale	
09/09/2022	5,33%	-1,80%	1,20%		*Intesa SP*	*VOLKSW*	*NOKIA*
12/09/2022	3,43%	7,54%	0,67%	Intesa SP	1	0,36	0,30
13/09/2022	-0,78%	-1,51%	-0,82%	VOLKSW	0,36	1	0,34
14/09/2022	1,01%	1,81%	-1,82%	NOKIA	0,30	0,34	1

↳ Formule quando in portafoglio vi sono "N" generici titoli.

Algebra tradizionale: $$VAR_{PORT} = \sqrt{\sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{N} VAR_i \cdot VAR_j \cdot \rho_{ij}}$$

Algebra Matriciale: $$VAR_{PORT} = \sqrt{\begin{bmatrix} VAR_1 & VAR_2 & \dots & VAR_N \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & & & \\ & 1 & & \\ & & 1 & \\ & & & \ddots \; 1 \end{bmatrix}_{N\times N} \cdot \begin{bmatrix} VAR_1 \\ VAR_2 \\ \vdots \\ VAR_N \end{bmatrix}}$$

Rimozione dell'ipotesi di stazionarietà nei modelli varianze-covarianze

Mod. VaR-Cov → Assunzioni → Normalità della Distribuzione
→ Media Nulla

↳ Pro → Possibilità di rimuovere l'ipotesi di stazionarietà

Al momento il modello descritto assume la stazionarietà della distribuzione dei rendimenti

→ $$\sigma_{SEMPL} = \sqrt{\sum_{i=1}^{T} \frac{(R_i - \bar{R})^2}{T-1}}, \quad \text{con } \bar{R} = 0$$

→ $$\rho_{SEMPL} = \frac{\sum_{i=1}^{T} \frac{(R_i^A - \bar{R}_A)(R_i^B - \bar{R}_B)}{T-1}}{\sigma^A_{SEMPL} \cdot \sigma^B_{SEMPL}}, \quad \text{con } \bar{R}_A = \bar{R}_B = \emptyset$$

$$\rho_{SEMPL} = \frac{\ldots}{\sigma^A_{SEMPL} \cdot \sigma^B_{SEMPL}}$$

La rimozione dell'ipotesi di stazionarietà della distribuzione dei rendimenti passa attraverso una stima alternativa a quella semplice (simple) sia della deviazione standard che della correlazione

$\sigma_{SEMPL} \Rightarrow \sigma_{exp}$

$\rho_{SEMPL} \Rightarrow \rho_{exp}$

Stima della deviazione standard esponenziale → EWMA : EXPONENTIAL WEIGHTED MOVING AVERAGE

x rimuovere ip. che la volatilità sia costante nel tempo (OMOSCHEDASTICITÀ) riconoscendo così che σ varia nel tempo (ETEROSCHEDASTICITÀ) ⇒ stimo la σ attribuendo alle osservazioni campionarie un peso DIVERSO, attribuendo un peso > alle osservazioni + recenti che assumo avere > potere informativo al fine della stima della σ FUTURA

- Tecniche ~~econometriche~~ molto complesse (GARCH complessi)
- EWMA → σ_{exp} (GARCH SEMPLIFICATO)

$$\sigma_{SEMPL} = \sqrt{\sum_{i=1}^{T} \frac{(R_i - \bar{R})^2}{T-1}} = \sqrt{\sum_{i=1}^{T} \left(\frac{1}{T-1}\right) \cdot (R_i - \bar{R})^2}$$

→ Sostituire questo coefficiente con un modello che permetta di variare la ponderazione in funzione della posizione del rendimento nel campione

$$\sigma_{Exp} = \sqrt{\sum_{i=1}^{T} (1-\lambda)\cdot\lambda^{i-1}(R_i - \bar{R})^2} \quad , \quad \boxed{\text{con } \bar{R} = \emptyset}$$

Focus sulla variabile λ (decay factor - fattore di decadimento)

TEORICO $\lambda \in (0;1) \longrightarrow$ PRATICO $\lambda \in [0{,}94;\ 0{,}99]$

BASSO ALTO

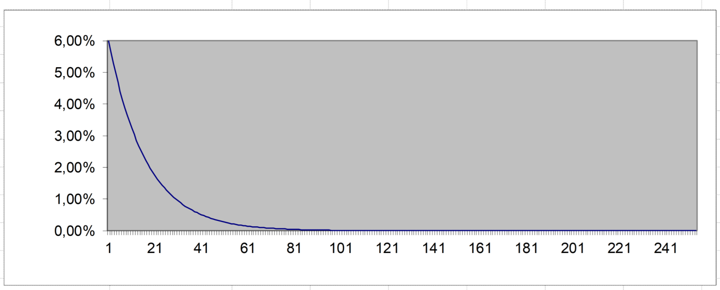
Effetto del valore λ sui pesi attribuiti alle osservazioni

↳ Focalizzare $\sum_{i=1}^{T} (1-\lambda)\cdot\lambda^{i-1}$

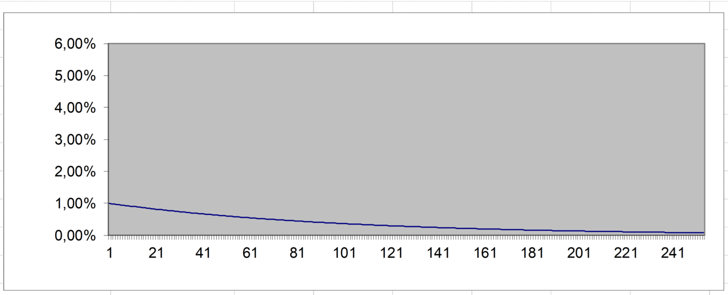
Quanto più noi riteniamo che le osservazioni più recenti debbano influenzare la stima della volatilità, tanto più basso dovrà essere il valore attribuito al decay factor

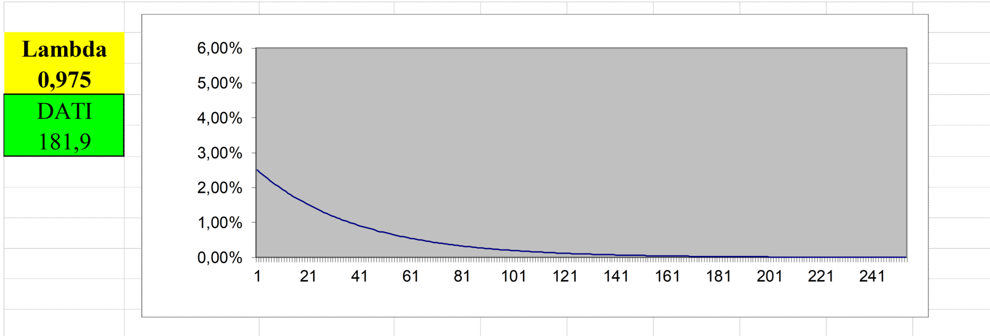
Analisi grafica

Lambda
0,94
DATI
74,4



Lambda
0,99
DATI
458,2





Guardate con attenzione la legge di decadimento dei pesi....

$$\boxed{\sum_{i=1}^{T}(1-\lambda)\cdot\lambda^{i-1}}$$

.... affinché $\sum$ pesi $= 100\%$, $T \rightarrow +\infty$

Ma x noi è necessario definire un campione "FINITO" di osservazioni.

$\Downarrow$

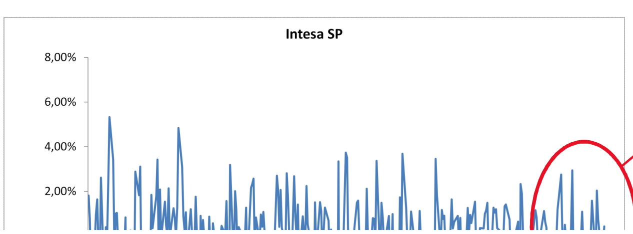
Fissiamo un valore ε piccolo $\Rightarrow$ $\boxed{\varepsilon = 1\%}$

- E' il peso cumulato che attribuiremmo alle osservazioni che noi trascuriamo fissando un campione di dimensione T
- (1-ε) è il peso che attribuiamo alle osservazioni del campione di dimensione T

T^* grazie al quale il campione ha una ampiezza tale da attribuire pesi alle osservazioni la cui somma è $(1-\varepsilon)$ $\Rightarrow$

$$T^* = \frac{\ln(\varepsilon)}{\ln(\lambda)}$$

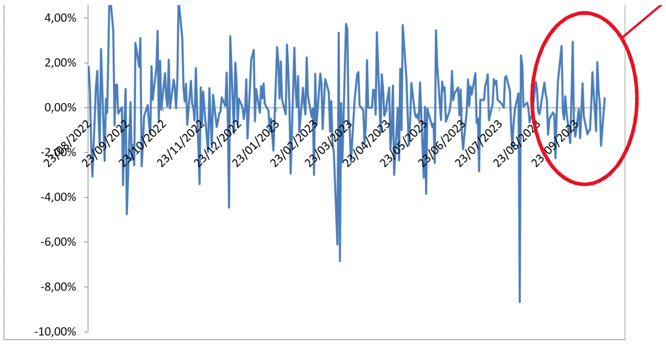
Un esempio di stima della deviazione standard esponenziale:



Volatilità inferiore a quella media passata del titolo nell'intero periodo campionario

$\Downarrow$

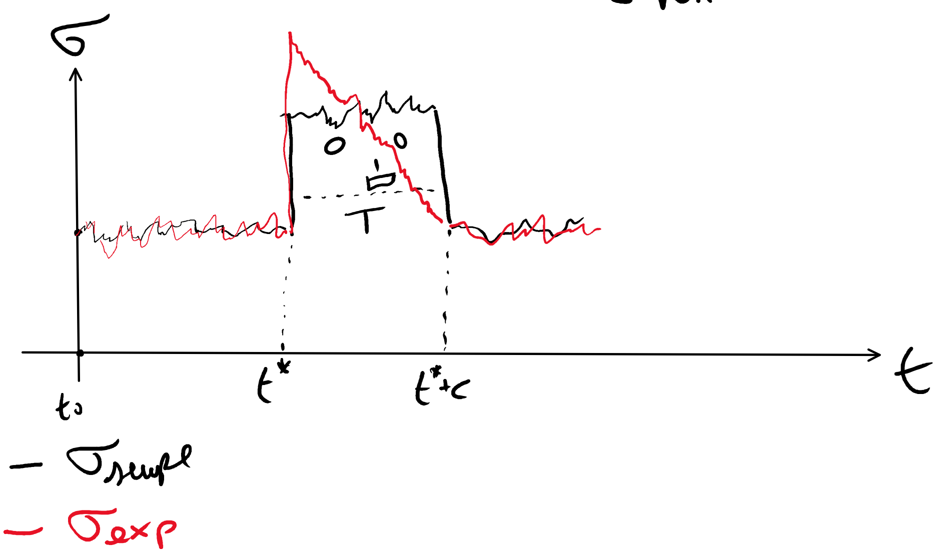
sigma semplice	ewma 0,99	ewma 0,94



sigma semplice	ewma 0,99	ewma 0,94
1,69%	1,55%	1,24%

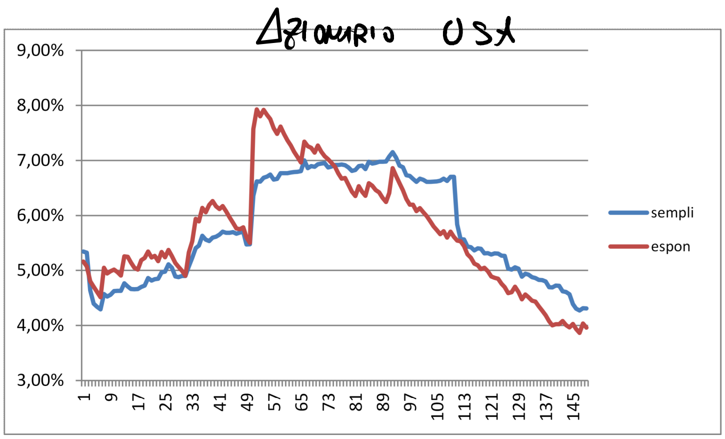
Analisi della proprietà più apprezzata della volatilità esponenziale:
LA CAPACITA' DI ELIMINARE L'**EFFETTO ECHO**

Lo effetto indesiderato di cui "soffre"
- VaR VaR-Cov applicato con σ e ρ $\boxed{\text{semplici}}$
- VaR simulazioni storiche

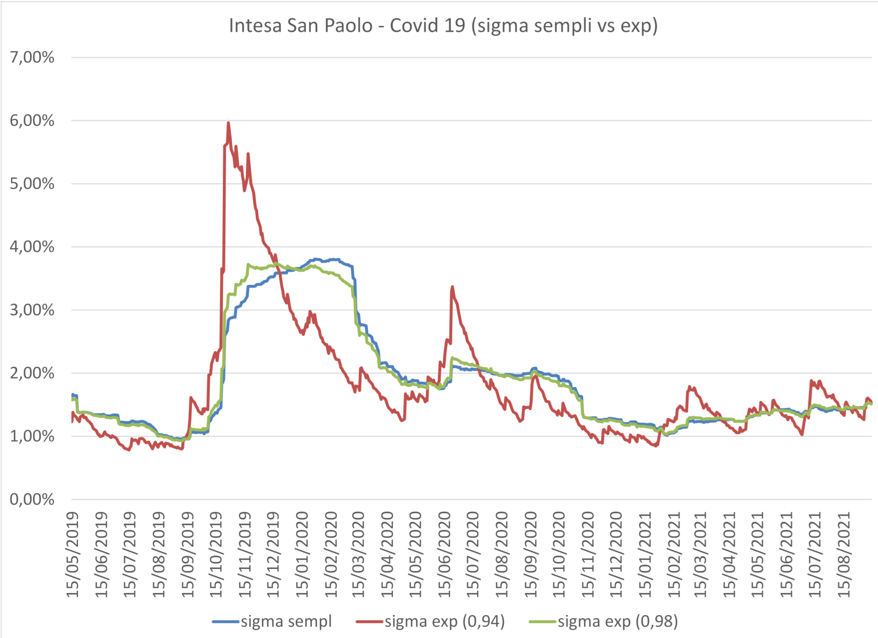


Due casi concreti di manifestazione dell'effetto echo e capacità del σ_{exp} di ELIMINARLO

"CRISI DI WALL STREET"



CASO "COVID 19" → Marzo-Aprile 2020



Stima della correlazione esponenziale

Analiticamente:

$$\rho_{sempl} = \cancel{\frac{\sum_{i=1}^{T} \frac{(R_i^A - \bar{R}_A)(R_i^B - \bar{R}_B)}{T-1}}{\sigma^A_{sempl} \cdot \sigma^B_{sempl}}}, \quad con\ \bar{R}_A = \bar{R}_B = \emptyset$$

$$\Downarrow$$

$$\rho_{exp} = \frac{Cov_{exp}(A;B)}{\sigma^A_{exp} \cdot \sigma^B_{exp}} = \frac{\sum_{i=1}^{T} (1-\lambda)\cdot\lambda^{i-1} (R_i^A - \bar{R}_A)\cdot(R_i^B - \bar{R}_B)}{\sigma^A_{exp} \cdot \sigma^B_{exp}}, \quad con\ \bar{R}_A = \bar{R}_B = \emptyset$$

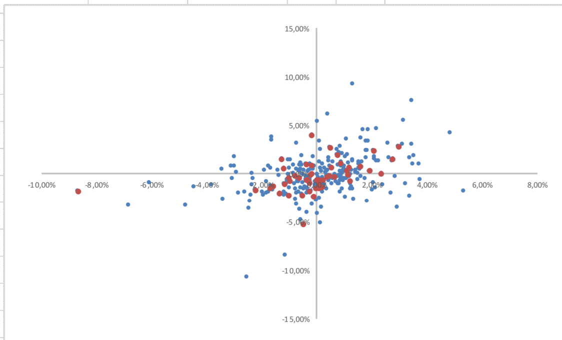
Esempio di calcolo della ρ_{exp}:

Date	Intesa SP	VOLKSW
16/10/2023	0,44%	-0,16%
13/10/2023	-1,70%	-1,45%
12/10/2023	0,18%	-1,43%
11/10/2023	0,74%	1,95%
10/10/2023	2,04%	2,41%
09/10/2023	-1,04%	-0,46%
06/10/2023	1,59%	0,71%
05/10/2023	0,06%	-0,66%
04/10/2023	-0,98%	-0,74%
03/10/2023	-1,04%	-2,29%
02/10/2023	-1,19%	-1,03%
29/09/2023	-0,39%	1,00%
28/09/2023	1,09%	0,28%
27/09/2023	-0,12%	-2,36%
26/09/2023	-1,36%	-2,00%
25/09/2023	-0,06%	-1,48%
22/09/2023	-1,28%	1,54%
21/09/2023	-0,82%	-0,23%
20/09/2023	2,95%	2,85%
19/09/2023	0,47%	2,72%
18/09/2023	-1,58%	-1,32%

CORR SEMPLICE	
1	0,36
0,36	1

CORR ESPON	
1	0,56
0,56	1

COV ESPON (0,94)	
0,000154092	0,000108772
0,000108772	0,000246102



Il modello Varianze-Covarianze: dall'Asset Normal al Delta Normal

↳ Modello VaR VaR-Cov precedentemente applicato è quello ASSET NORMAL

⇓

$$VaR_{PORT} = \sqrt{[VAR_1 \ VAR_2 \ \dots \ VAR_N] \cdot \underbrace{\begin{bmatrix} 1 & & \\ & \ddots & \\ & & 1 \end{bmatrix}}_{N \times N} \cdot \begin{bmatrix} VAR_1 \\ VAR_2 \\ \vdots \\ VAR_N \end{bmatrix}}$$

N TITOLI IN PORTAFOGLIO

↳ ∃ ≅ 35.000 Azioni Quotate globalmente ⇒ Stime VaR

- 35.000 σ
- $\rho : \frac{35000 \cdot 34.999}{2} \cong$ 612 MLN

⇓

Allo scopo di limitare gli input necessari per la stima del VaR, passiamo ad un modello noto come **Delta Normal**

Da: Asset Normal ⟹ A: Delta Normal

Asset Normal ⇓ Le Variabili Aleatorie sono i rendimenti dei singoli titoli

↓

ρ tra rend. dei titoli

Delta Normal ⇓ Le variabili aleatorie sono i rendimenti dei MKT nei quali le Azioni sono quotate

↓

ρ tra i rend dei MKT

Stima del VaR di un solo titolo Azionario con il modello Delta (Δ) Normal

↳ CAPM (Capital Asset Pricing Model)

Rischio Azione: Rischio specifico | Rischio di MKT

$$\Rightarrow \underset{\text{Azione}}{\text{Rischio TOT}} = f\Big(\underbrace{\text{Rischi spec}}_{\sigma_{\varepsilon}}\ ;\ \underbrace{\text{Rischio sistematico}}_{\beta_{TIT}\cdot\sigma_{MKT}}\Big) \quad (\sigma_{TIT})$$

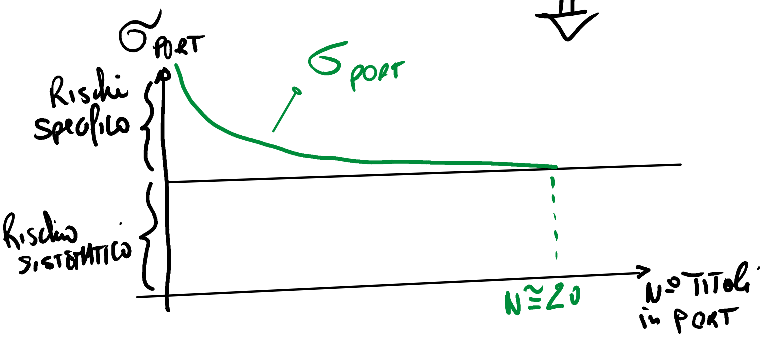
$$\sigma_{TIT} = \sqrt{(\beta_{TIT}\cdot\sigma_{MKT})^2 + \sigma_{\varepsilon}^2 + \cancel{2\cdot(\beta_{TIT}\cdot\sigma_{MKT})\cdot\sigma_{\varepsilon}\cdot\rho_{\varepsilon,MKT}}}$$

$$\rho_{\varepsilon,MKT} \to 0$$

$$\Downarrow$$

$$\sigma_{TIT} = \sqrt{(\beta_{TIT}\cdot\sigma_{MKT})^2 + \sigma_{\varepsilon}^2}$$

$$\Downarrow$$



Da quanto detto, desumiamo che qualora il portafoglio azionario sia ben diversificato, possiamo ipotizzare che il rischio specifico si azzeri e che pertanto quest'ultimo può essere ignorato ai fini della stima della volatilità del portafoglio azionario.

↳ $\boxed{\text{CONDIZIONE NECESSARIA: PORTAF. ben diversificato}}$

$$\sigma_{TIT} = \sqrt{(\beta_{TIT}\cdot\sigma_{MKT})^2 + \cancel{\sigma_{\varepsilon}^2}} = \sqrt{(\beta_{TIT}\cdot\sigma_{MKT})^2} \cong \beta_{TIT}\cdot\sigma_{MKT}$$

↳ Assumo che il titolo sia parte di un portafoglio ben diversificato e quindi non esposto al rischio specifico dei titoli

$$= 1/M \cdot K \cdot (\beta \cdot \sigma_{MKT})$$

non legato al ...

$$VAR_{AZ} = VM_{AZ} \cdot K \cdot \sigma_{TIT} = VM_{AZ} \cdot K \cdot \left(\beta_{TIT} \cdot \sigma_{MKT}\right)$$

$$\beta_{TIT} = \frac{Cov\left(R_{TIT} ; R_{MKT}\right)}{\sigma^2_{R_{MKT}}}$$

Modello Δ Normal: Portafoglio Azionario $\Rightarrow$ Iter x il calcolo del VaR

Titoli AZ in portafoglio: ENI, ENEL, STELL, IBM, APPL, Voda, Nokia, Sams., Amaz, BMW

(A) FATE IL "MAPPING": CLASSIF. DE AZIONI x MKT DI QUOTAZIONE

- ITA: $T_1^{ITA}, T_2^{ITA}, \dots, T_K^{ITA}$
- GER: $T_1^{GER}, T_2^{GER}, \dots, T_K^{GER}$
- USA: $T_1^{USA}, T_2^{USA}, \dots, T_K^{USA}$
- ...
- JAP: $T_1^{JAP}, T_2^{JAP}, \dots, T_K^{JAP}$

(B) Calcolo del VaR di ogni titolo

$$\begin{cases} VAR_{ITA1} = VM_{ITA1} \cdot K \cdot \beta_{ITA1} \cdot \sigma_{ITA} \\ \vdots \\ VAR_{ITAK} = VM_{ITAK} \cdot K \cdot \beta_{ITAK} \cdot \sigma_{ITA} \end{cases}$$

$$\begin{cases} VAR_{GER1} = VM_{GER1} \cdot K \cdot \beta_{GER1} \cdot \sigma_{GER} \\ \vdots \\ VAR_{GERK} = VM_{GERK} \cdot K \cdot \beta_{GERK} \cdot \sigma_{GER} \end{cases}$$

$\Downarrow$

Il processo va replicato x tutti i titoli in portafoglio, quindi x tutti i gruppi omogenei (USA, JAP, etc etc)

$\Rightarrow$ (C) Calcolo del VaR di ogni gruppo omogeneo di titoli

$$\begin{bmatrix} VaR_{ITA} \\ VaR_{GER} \\ VaR_{USA} \\ \vdots \\ VAR_{JAP} \end{bmatrix} \quad \begin{aligned} &= \sum_{i=1}^{K} VAR_{ITA,K} \\ &= \sum_{i=1}^{K} VAR_{GER,K} \\ &= \sum_{i=1}^{K} VaR_{USA,K} \\ &\;\;\vdots \\ &= \sum_{i=1}^{K} VAR_{JAP,K} \end{aligned}$$

(D) Aggregazione dei VaR relativi ai gruppi omogenei di titoli, preservando la struttura delle correlazioni tra i rendimenti dei MKT azionari mondiali.

$$\sigma_{PORT} = \sqrt{\begin{bmatrix} VAR_{ITA} & VAR_{GER} & VAR_{USA} & \dots & VAR_{JAP} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & & \rho_{\text{tra MKT}} \\ & 1 & \\ & & 1 \\ & & & \ddots & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} VAR_{ITA} \\ VAR_{GER} \\ VAR_{USA} \\ \vdots \\ VAR_{JAP} \end{bmatrix}}$$

Un esempio di calcolo su excel del modello Delta Normal

lim rischio giorn	€ 43.412,16			
Liv.conf.	99,0%			
VM INT	€ 200.000		ITALIA	INT
VM UNICREDIT	€ 260.000			UNICREDIT
VM BMW	€ 300.000		GERMANIA	BMW
VM VOLKS	€ 340.000			VOLKS
PORT	€ 1.100.000,00			
K	2,326			
SIGMA MKT IT	1,09%			
SIGMA MKT GERM	1,00%			
BETA ITALIANI			BETA TEDESCHI	
INTESA	1,28		BMW	0,84
UNICREDIT	1,40		VOLKS	1,07
VaR Intesa SP	€ 6.513,81		VaR BMW	€ 5.887,08
VaR unicredit	€ 9.247,37		VaR VOLKS	€ 8.498,54
VaR ITALIA	€ 15.761,17		Var GERMANIA	€ 14.385,62
	corr(IT,Germ)	0,87		
	var PORT (delta norma	€ 29.118,31		

La stima del VaR di un portafoglio obbligazionario ⇒ Perdita potenziale causata dalla volatilità dei tassi di interesse

VaR Desk Bond ⇒ Modello Asset Normal

1 Titolo $\quad VaR_{TIT\,OBBL} = VM_{TIT\,OBBL} \cdot K \cdot \sigma_{TIT\,OBBL}$

Portafoglio $\quad VaR_{PORT\,OBBL} = \sqrt{\begin{bmatrix} VaR_{OBBL\,1} & VaR_{OBBL\,2} & \dots & VaR_{OBBL,K} \end{bmatrix} \cdot \underbrace{\begin{bmatrix} 1 & & \\ & 1 & \\ & & \ddots & \\ & & & 1 \end{bmatrix}}_{K \times K} \cdot \begin{bmatrix} VaR_{OBBL\,1} \\ VaR_{OBBL\,2} \\ \vdots \\ VaR_{OBBL,K} \end{bmatrix}}$

⇓

Questo modello amplifica le problematiche computazionali già discusse nella analisi del Desk Equity, in quanto il numero di obbligazioni in circolazione è addirittura superiore al numero della azioni

↳ Per il Desk Bond il problema del numero esorbitante di correlazioni da calcolare è addirittura superiore rispetto al Desk Equity

⇓

da calcolare è addirittura superiore rispetto [illegible]

⇓

Dall'Asset Normal al Delta (Δ) Normal

↳ Assunzione che la relazione Prezzo - tasso di rendimento di una obbligazione sia LINEARE (ignoriamo la curvatura di questa relazione) ⇒ CONVEXITY

(SEGUE PARTE IV)