

LA  
VALUTAZIONE  
DEL RISCHIO  
CIBERNETICO

**SEMINARIO DEL COMITATO  
SCIENTIFICO DELL'ORDINE  
DEGLI ATTUARI**

Salvatore Forte

[sforte@luiss.it](mailto:sforte@luiss.it)

23 giugno 2022

# AGENDA

- CYBER RISK E RISK BASED SUPERVISION
- OBIETTIVO DEL LAVORO
- I DATI ALLA BASE DELLO STUDIO
- IL MODELLO ATTUARIALE
- IL PRICING DEL RISCHIO CIBERNETICO
- L'ADD-ON DI CAPITALE PER IL RISCHIO CYBER
- COMMENTI
- PRINCIPALI RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

# CYBER RISK E RISK-BASED SUPERVISION

Numerose iniziative in tema di cyber risk degli organismi e delle autorità di vigilanza dal 2016 ad oggi:

G7

IOSCO Cyber Task Force

Financial Stability Institute

Basel Committee on Banking Supervision's Operational Resilience Working Group

International Association of Insurance Supervisors

European Supervisory Authorities (ESAs)

European Banking Authority (EBA)

European Insurance and Occupational Pensions Authority (EIOPA)

European Securities and Markets Authority (ESMA)

ECB Banking Supervision

European Systemic Risk Board (ESRB)

European Systemic Cyber Group (ESCG)

# OBIETTIVO DEL LAVORO

L'obiettivo principale del presente lavoro è duplice:

- da un lato si vuole determinare l'incremento di requisito di capitale che si avrebbe in ottica pillar 1 per coprire anche il rischio cyber
- dall'altro si vuole prezzare una polizza per coprire il rischio cyber per l'intero mercato assicurativo italiano.

# I DATI ALLA BASE DELLO STUDIO

Sulla base dei dati raccolti nel seguente paper, “Accenture, The cost of cyber crime, 2019” si evince quanto segue:

- In Italia nel 2018 sono state analizzate 22 imprese, tra cui le compagnie di assicurazione, il costo in termini di perdite dovute al cyber risk è pari a 8,01 milioni di dollari con un incremento del 19% rispetto al medesimo dato dell'anno 2017;
- Considerando 19 tipologie di industrie, 355 aziende, tra cui 20 compagnie di assicurazione, in 11 paesi differenti, il costo complessivo del rischio cibernetico per l'esercizio 2018 è stato pari a 211,25 milioni di dollari;
- Considerando 20 compagnie di assicurazione con sede in 11 paesi tra cui l'Italia, il costo del rischio cibernetico nel 2018 è stato pari a 15,76 milioni di dollari con un incremento del 22% rispetto al dato dell'anno 2017. Pertanto in riferimento al 2018 il costo per il settore assicurativo è stato pari al 7,46% per gli 11 paesi analizzati.

# I DATI ALLA BASE DELLO STUDIO

- Al fine di poter stimare le perdite per rischio cibernetico relative alle sole compagnie italiane, ipotizzando che anche in Italia la proporzione di costo per cyber risk per il solo settore assicurativo sia pari al 7,46% del totale italiano, si ottiene un costo totale per il settore assicurativo italiano pari a **597.574 dollari (ipotizzando 1 sola compagnia nel campione)**.
- Il fatturato per tale settore, ovvero i premi contabilizzati per il mercato vita e danni nel 2020 è stato pari a circa **138,6 miliardi di euro** (Fonte: ANIA, L'assicurazione italiana 2020-2021).
- al 2020 un costo assolutamente modesto considerando il fatturato del settore

# I DATI ALLA BASE DELLO STUDIO – STIMA DELLA VOLATILITA'

Analisi del lavoro di Biener, Eling, Wirfs, **Insurability of cyber risk: an empirical analysis, 2015**, riferite a 994 perdite operative legate a rischi cibernetici

**Table 4** Losses per risk type (in million US\$)

Category	N	Mean	Std. dev.	Min.	Quantiles			VaR (95%)	TVaR (95%)	Max.
					25%	50%	75%			
<i>Panel A: Cyber versus non-cyber risk</i>										
Cyber Risk	994	40.53	443.88	0.10	0.56	1.87	7.72	89.56	676.88	13,313
Non-Cyber Risk	21,081	99.65	1,160.17	0.10	1.88	6.20	25.37	248.97	1,595.27	89,143
<i>Panel B: Cyber risk subcategories</i>										
Actions of people	903	40.69	463.25	0.10	0.55	1.83	6.87	84.36	679.04	13,313
Systems and technical failure	37	29.07	77.33	0.10	1.10	5.03	11.65	168.95	329.04	370
Failed internal processes	41	47.72	205.92	0.14	0.42	2.04	9.05	158.65	743.40	1,311
External events	13	39.40	115.73	0.28	0.56	1.03	13.77	192.88	422.71	422

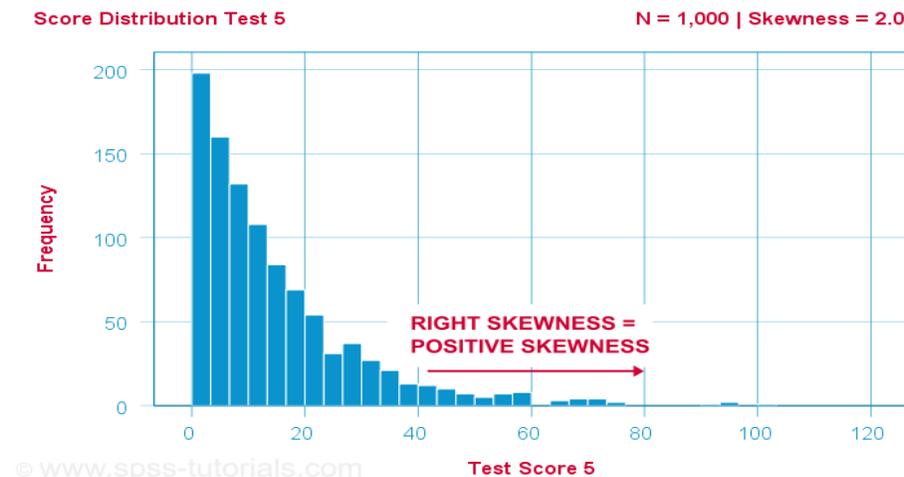
# I DATI ALLA BASE DELLO STUDIO — LA FORMA DELLA DISTRIBUZIONE

Come si evince dalla precedente tabella, in riferimento alle 994 perdite operative possiamo calcolare i seguenti rapporti:

$$\text{VaR}(95\%)/\text{MEAN} = 2,21$$

$$\text{TVaR}(95\%)/\text{MEAN} = 16,70$$

**Asimmetria positiva molto consistente con una coda estremamente pesante a destra**



# I DATI ALLA BASE DELLO STUDIO – LE CATEGORIE DI RISCHI

Per quanto riguarda le categorie di rischio cibernetico da modellizzare, sulla base del paper “Accenture, The cost of cyber crime, 2019” si è deciso di considerare le seguenti sei principali fonti di rischio ed il rispettivo costo medio annuo (in dollari):

Categorie di CYBER RISCHI	Costo Medio Annuo in %	Costo Medio Annuo
Phishing and Ransomware	15,7%	94.047
Web Attacks	30,6%	183.057
Malicious insider	12,4%	74.256
Malware and Botnets	23,0%	137.635
Stolen devices	7,5%	44.605
Malicious code	10,7%	63.974
<b>Totale</b>	<b>100,0%</b>	<b>597.574</b>

# IL MODELLO ATTUARIALE PER LA QUANTIFICAZIONE DEL RISCHIO CYBER

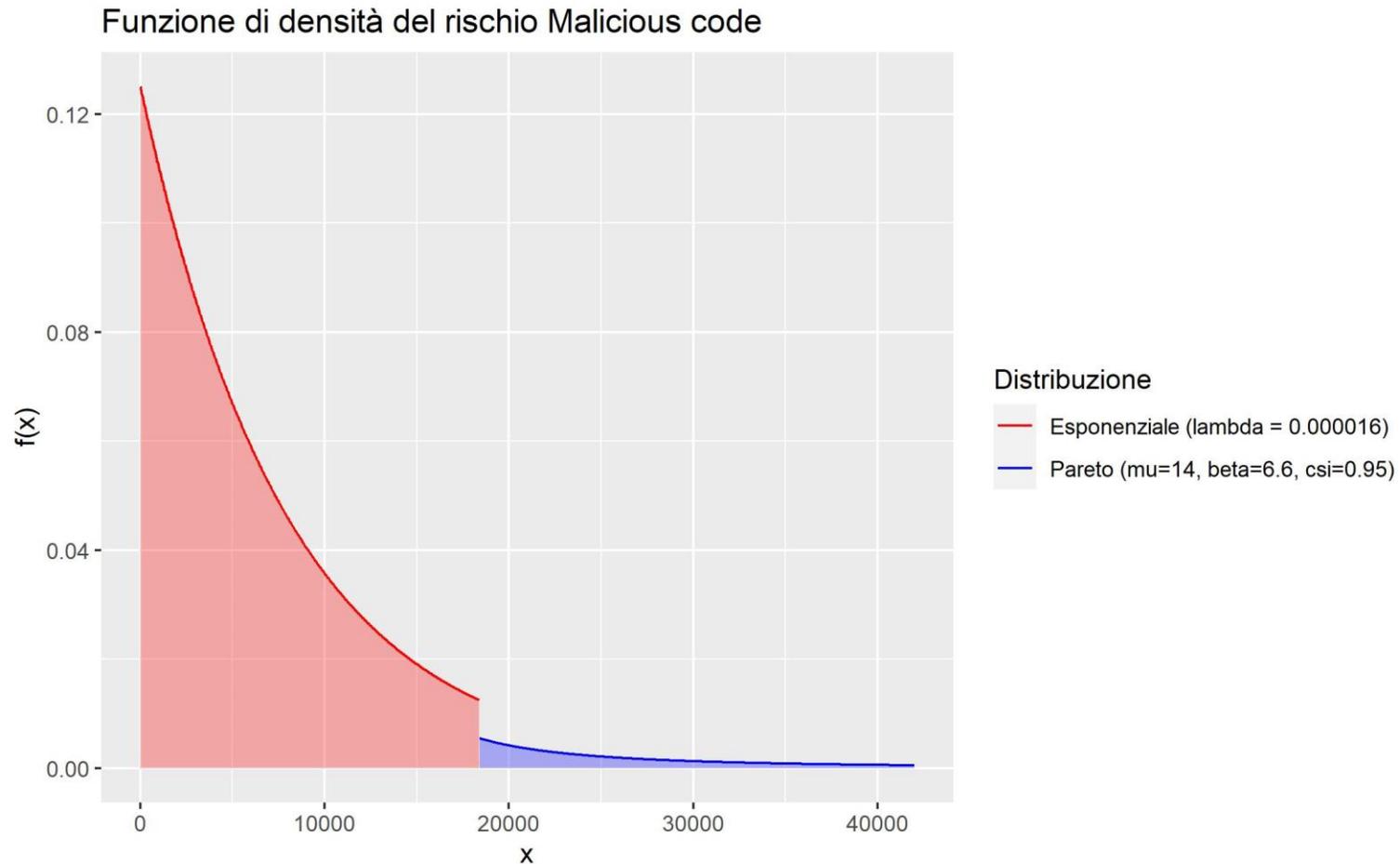
Al fine di quantificare la distribuzione aggregata dei sei danni singoli associati a ciascun rischio cibernetico è stato utilizzato il seguente modello probabilistico:

- Al fine di modellizzare la distribuzione di probabilità del singolo rischio cibernetico  $i$  con  $i=1, \dots, 6$  è stato considerato il seguente modello EVT che considera:
  - Una distribuzione esponenziale ad un parametro per modellizzare fino al 90-esimo percentile della distribuzione;
  - Una distribuzione pareto generalizzata a tre parametri per modellizzare la coda destra della distribuzione ovvero dal 90-esimo in poi.

Al fine di modellizzare la distribuzione del danno aggregato a sei dimensioni è stata scelta una copula normale e una copula vine

- I parametri delle sei distribuzioni marginali sono stati stimati considerando le tre seguenti statistiche empiriche:
  - Il costo medio per singolo fattore di rischio come riportati nella tabella della slide precedente
  - $VaR(95\%)/MEAN = 2,21$  mantenuto costante per tutti i sei rischi considerati
  - $TVaR(95\%)/MEAN = 16,70$  mantenuto costante per tutti i sei rischi considerati

# IL MODELLO ATTUARIALE PER LA QUANTIFICAZIONE DEL RISCHIO CYBER — LE DISTRIBUZIONI UNIVARIATE



# IL MODELLO ATTUARIALE PER LA QUANTIFICAZIONE DEL RISCHIO CYBER — LE COPULE

## Teorema di Sklar

Sia  $F_{\mathbf{x}} \in \mathfrak{R}_2(F_1, F_2)$  avente cdf continue  $F_1$  ed  $F_2$ , allora esiste ed è unica la copula  $C$  tale che per ogni  $\vec{x} \in \mathbb{R}^2$ ,

$$F_{\mathbf{x}}(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2) = C(F_1(\mathbf{x}_1), F_2(\mathbf{x}_2))$$

Inoltre se  $C$  è una copula ed  $F_1$  ed  $F_2$  sono le cdf marginali allora la funzione  $F_{\mathbf{x}}$  è una cdf bivariata con cdf marginali  $F_1$  ed  $F_2$ . ◻

Tale teorema costituisce lo strumento più importante per poter applicare le copule. Infatti, esso garantisce non solo che ogni copula è una funzione di distribuzione multivariata, se i suoi argomenti sono funzioni di distribuzione marginali, ma è vero anche l'opposto: ogni funzione di distribuzione congiunta può essere estesa ad una copula ed inoltre, se le marginali sono continue, tale estensione è unica.

# IL MODELLO ATTUARIALE PER LA QUANTIFICAZIONE DEL RISCHIO CYBER — LA COPULA NORMALE

La copula Normale (o gaussiana) descrive la dipendenza indotta da una distribuzione normale. Essa si definisce come la copula risultante dalla composizione di Sklar applicata alla cdf congiunta di una coppia di variabili aleatorie  $(X_1, X_2)$  di  $N(0,1)$  con coefficiente di correlazione che indichiamo con  $\alpha$ :

$$C_\alpha(u_1, u_2) = H_\alpha(\Phi^{-1}(u_1), \Phi^{-1}(u_2)) \quad \alpha \in (-1, 1),$$

dove  $\Phi$  è la cdf di una distribuzione univariata  $N(0,1)$  ed  $H_\alpha$  è la cdf di una distribuzione bivariata normale con coefficiente di correlazione  $\alpha$ , quindi:

$$C_\alpha(u_1, u_2) = \frac{1}{2\pi\sqrt{1-\alpha^2}} \int_{-\infty}^{\Phi^{-1}(u_1)} \int_{-\infty}^{\Phi^{-1}(u_2)} \exp\left(\frac{-(\xi_1^2 - 2\alpha\xi_1\xi_2 + \xi_2^2)}{2(1-\alpha^2)}\right) d\xi_1 d\xi_2.$$

□

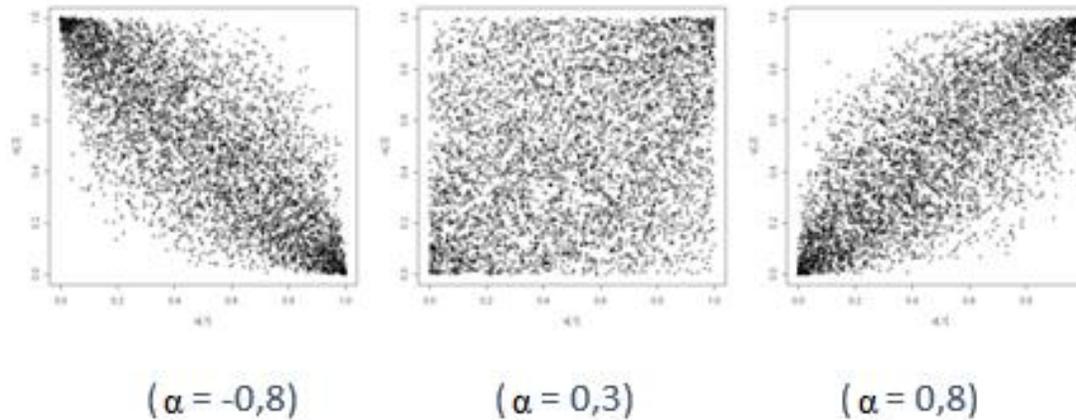
Tale copula è inoltre caratterizzata dalle seguenti proprietà:

- $C_{2\Phi}(u_2 | u_1) = \Phi\left(\frac{\Phi^{-1}(u_2) - \alpha\Phi^{-1}(u_1)}{\sqrt{1-\alpha^2}}\right);$
- $c_\alpha(u) = \frac{1}{\sqrt{1-\alpha^2}} \exp\left(\frac{-(\xi_1^2 - 2\alpha\xi_1\xi_2 + \xi_2^2)}{2(1-\alpha^2)}\right) \exp\left(\frac{\xi_1^2 + \xi_2^2}{2}\right).$

# IL MODELLO ATTUARIALE PER LA QUANTIFICAZIONE DEL RISCHIO CYBER — LA COPULA NORMALE

Il grafico successivo mostra come influisce il parametro di dipendenza della copula a parità di distribuzione marginale.

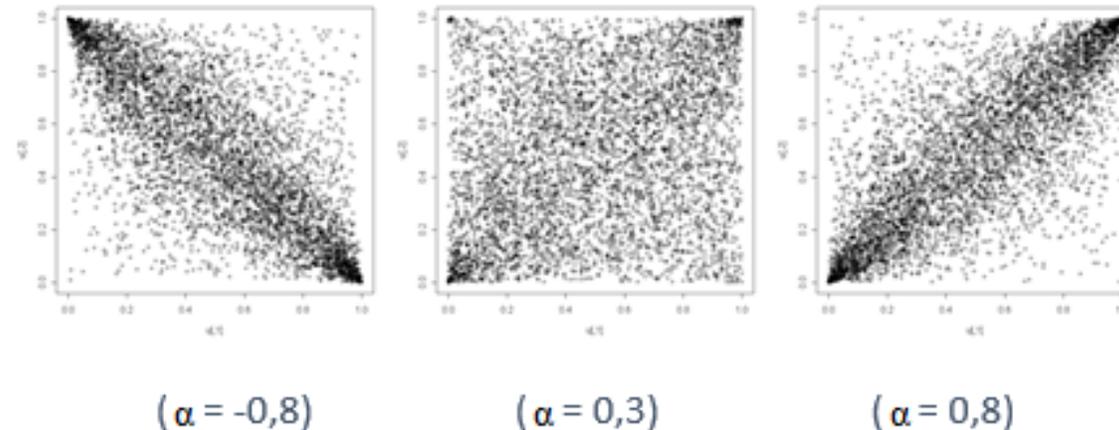
Grafico - Simulazione di 5.000 coppie di variabili aleatorie uniformi in  $[0,1]$  con copula normale al variare del parametro  $\alpha$ .



# IL MODELLO ATTUARIALE PER LA QUANTIFICAZIONE DEL RISCHIO CYBER — LA COPULA DI STUDENT

Il grafico successivo mostra come influisce il parametro di dipendenza della copula a parità di distribuzione marginale.

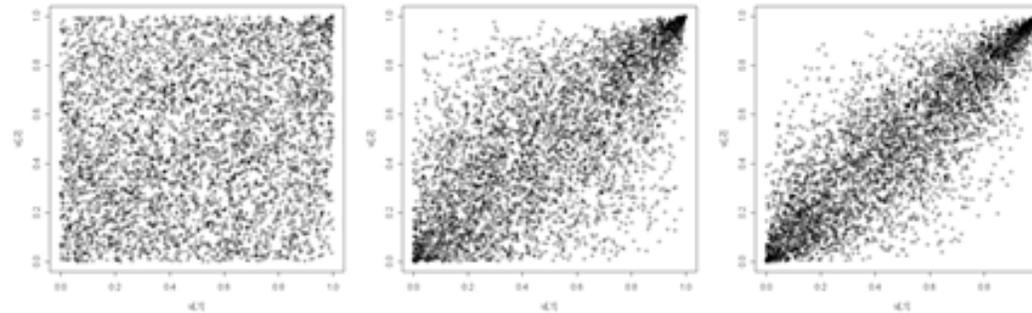
Grafico - Simulazione di 5.000 coppie di variabili aleatorie uniformi in  $[0,1]$  con copula di Student con 3 gradi di libertà al variare del parametro  $\alpha$ .



# IL MODELLO ATTUARIALE PER LA QUANTIFICAZIONE DEL RISCHIO CYBER — LA COPULA GUMBEL

Il grafico successivo mostra come influisce il parametro di dipendenza della copula a parità di distribuzione marginale.

Grafico - Simulazione di 5.000 coppie di variabili aleatorie uniformi in  $[0,1]$  con copula Frank al variare del parametro  $\alpha$ .



$(\alpha = 1,1)$

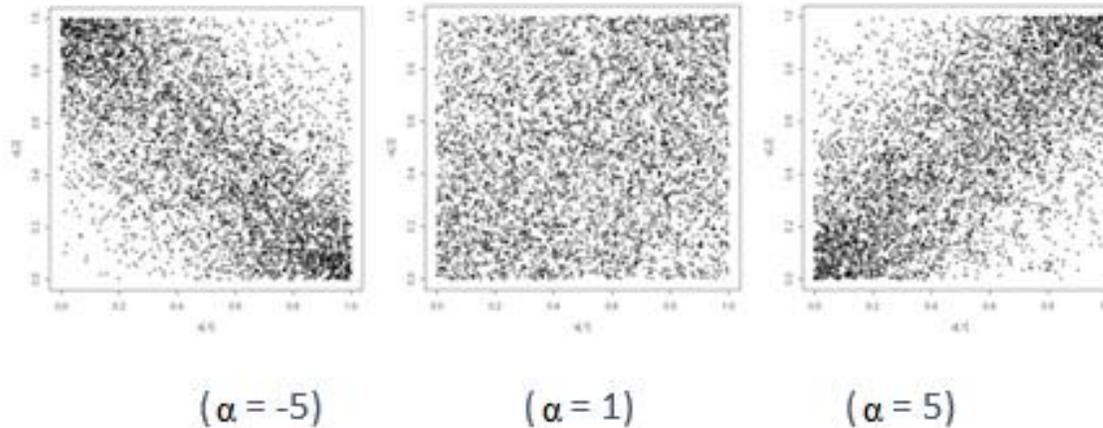
$(\alpha = 2)$

$(\alpha = 3)$

# IL MODELLO ATTUARIALE PER LA QUANTIFICAZIONE DEL RISCHIO CYBER – LA COPULA FRANK

Il grafico successivo mostra come influisce il parametro di dipendenza della copula a parità di distribuzione marginale.

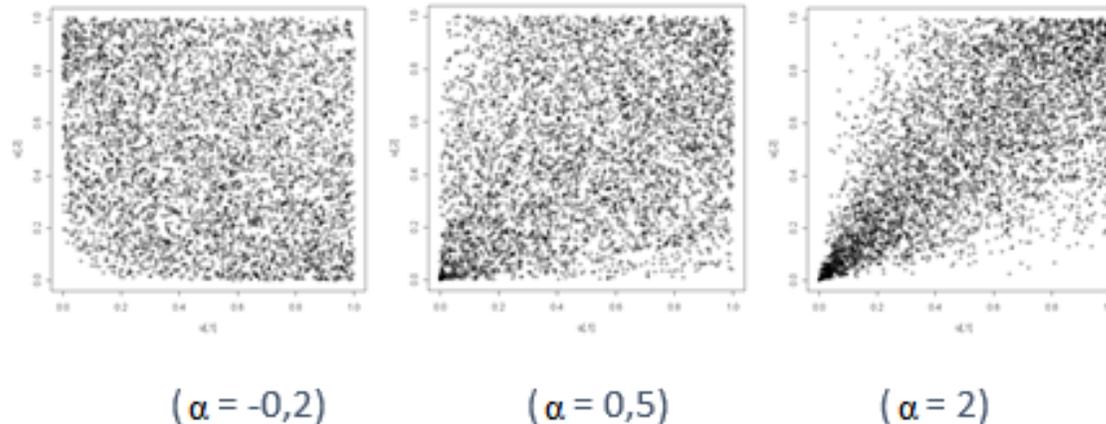
Grafico - Simulazione di 5.000 coppie di variabili aleatorie uniformi in  $[0,1]$  con copula Frank al variare del parametro  $\alpha$ .



# IL MODELLO ATTUARIALE PER LA QUANTIFICAZIONE DEL RISCHIO CYBER — LA COPULA CLAYTON

Il grafico successivo mostra come influisce il parametro di dipendenza della copula a parità di distribuzione marginale.

Grafico - Simulazione di 5.000 coppie di variabili aleatorie uniformi in  $[0,1]$  con copula Clayton al variare del parametro  $\alpha$ .



## IL MODELLO ATTUARIALE PER LA QUANTIFICAZIONE DEL RISCHIO CYBER – LE DISTRIBUZIONI MARGINALI

I parametri delle sei distribuzioni marginali sono stati stimati considerando le tre seguenti statistiche empiriche:

- MEAN per ogni singolo rischio
- $VaR(95\%)/MEAN = 2,21$  mantenuto costante per tutti i sei rischi considerati
- $TVaR(95\%)/MEAN = 16,70$  mantenuto costante per tutti i sei rischi considerati

Categorie di CYBER RISCHI	Parametro Exp	Parametri Pareto Generalizzata		
	$\Lambda$	$\mu$	$\beta$	$\xi$
Phishing and Ransomware	0,0851	50	7,1	0,95
Web Attacks	0,0437	30	19,6	0,95
Malicious insider	0,1077	6	6,1	0,95
Malware and Botnets	0,0581	24	15,1	0,95
Stolen devices	0,1794	24	4,6	0,95
Malicious code	0,1251	14	6,6	0,95

# IL MODELLO ATTUARIALE PER LA QUANTIFICAZIONE DEL RISCHIO CYBER – LA DISTRIBUZIONE CONGIUNTA

Per quanto riguarda i parametri della copula, ovvero i coefficienti di correlazione lineare tra le coppie di rischi, considerando il data base aggregato a disposizione **non è stato possibile stimare tali parametri e pertanto si è proceduto ad un'analisi di sensitività delle misure di rischi VaR e TVaR al variare del livello di correlazione lineare.**

Si è proceduto con la simulazione di pseudo-data set considerando una **copula normale** con una matrice di correlazione lineare composta da coefficienti di correlazione lineari **pari tutti o a 0,25 o a 0,5 o a 0,75.**

In tal modo sono state simulate per i rispettivi tre livelli di correlazione, 0,25, 0,5 e 0,75, **100 sestine che rappresentano nel nostro modello le nostre ipotetiche 100 compagnie** che hanno comunicato tutte in uno stesso anno i 6 danni cibernetici subiti.

## IL MODELLO ATTUARIALE PER LA QUANTIFICAZIONE DEL RISCHIO CYBER – LA DISTRIBUZIONE CONGIUNTA

Considerando queste tre matrici 100x6, sono stati applicati gli algoritmi presenti nei pacchetti di R **copula** e **VineCopula** per stimare i parametri delle copule:

- Normale
- Vine

Ottenendo come dato di output:

- Per la copula normale le tre matrici di correlazione lineare

-Con  $\text{corr}=0,25$

	Phishing and Ransomware	Web Attacks	Malicious insider	Malware and Botnets	Stolen devices	Malicious code
Phishing and Ransomware	1	0,33	0,33	0,28	0,22	0,27
Web Attacks	0,33	1	0,12	0,23	0,18	0,32
Malicious insider	0,33	0,12	1	0,08	0,08	0,17
Malware and Botnets	0,28	0,23	0,08	1	0,34	0,34
Stolen devices	0,22	0,18	0,08	0,34	1	0,22
Malicious code	0,27	0,32	0,17	0,34	0,22	1

## IL MODELLO ATTUARIALE PER LA QUANTIFICAZIONE DEL RISCHIO CYBER – LA DISTRIBUZIONE CONGIUNTA

Considerando queste tre matrici 100x6, sono stati applicati gli algoritmi presenti nei pacchetti di R **copula** e **VineCopula** per stimare i parametri delle copule:

- Normale
- Vine

Ottenendo come dato di output:

- Per la copula normale le tre matrici di correlazione lineare

-Con  $\text{corr}=0,5$

	Phishing and Ransomware	Web Attacks	Malicious insider	Malware and Botnets	Stolen devices	Malicious code
Phishing and Ransomware	1	0,51	0,53	0,62	0,57	0,65
Web Attacks	0,51	1	0,47	0,54	0,40	0,50
Malicious insider	0,53	0,47	1	0,53	0,41	0,56
Malware and Botnets	0,62	0,54	0,53	1	0,48	0,56
Stolen devices	0,57	0,40	0,41	0,48	1	0,60
Malicious code	0,65	0,50	0,56	0,56	0,60	1

## IL MODELLO ATTUARIALE PER LA QUANTIFICAZIONE DEL RISCHIO CYBER – LA DISTRIBUZIONE CONGIUNTA

Considerando queste tre matrici 100x6, sono stati applicati gli algoritmi presenti nei pacchetti di R **copula** e **VineCopula** per stimare i parametri delle copule:

- Normale
- Vine

Ottenendo come dato di output:

- Per la copula normale le tre matrici di correlazione lineare

-Con  $\text{corr}=0,75$

	Phishing and Ransomware	Web Attacks	Malicious insider	Malware and Botnets	Stolen devices	Malicious code
Phishing and Ransomware	1	0,73	0,71	0,68	0,70	0,73
Web Attacks	0,73	1	0,79	0,65	0,70	0,69
Malicious insider	0,71	0,79	1	0,69	0,73	0,66
Malware and Botnets	0,68	0,65	0,69	1	0,77	0,73
Stolen devices	0,70	0,70	0,73	0,77	1	0,65
Malicious code	0,73	0,69	0,66	0,73	0,65	1

# IL MODELLO ATTUARIALE PER LA QUANTIFICAZIONE DEL RISCHIO CYBER — LA DISTRIBUZIONE CONGIUNTA

Una volta ottenuti i parametri sia per le tre copule normali che per le tre copule vine, si è proceduto con la simulazione della distribuzione aggregata mediante i pacchetti R (copula e VineCopula) ottenendo la distribuzione congiunta simulata.

Si specifica che al fine di stimare le distribuzioni di probabilità congiunte si è proceduto con la simulazione per ciascuna copula di 100.000 realizzazioni e si è ripetuto tale algoritmo 100 volte.

Al termine di tale procedura sono state calcolate rispettivamente per ciascuna copula e per ciascun livello di correlazione sia il  $VaR(99,5\%)$  che il  $TVaR(99,5\%)$ . Si è scelto tale livello di probabilità al fine di calcolare successivamente i requisiti di solvibilità per il rischio cibernetico.

# IL MODELLO ATTUARIALE PER LA QUANTIFICAZIONE DEL RISCHIO CYBER – LA DISTRIBUZIONE CONGIUNTA

- considerando la mediana del campione di 100 realizzazioni il VaR(99,5%) è crescente al crescere della correlazione
- vi sono delle differenze tra la copula normale e la vine copula che porterebbero a delle riduzioni di requisito di capitale
- tale fenomeno del VaR crescente all'aumentare della correlazione non è vero in generale ma è opportuno che si verifichi in un contesto di rischi assicurabili in quanto maggiore è la diversificazione minore sarà il requisito di capitale

Rischi	MEDIANA DEL CAMPIONE - VaR(99,5%)					
	Normal Copula			Vine Copula		
	corr=0,25%	corr=0,5%	corr=0,75%	corr=0,25%	corr=0,5%	corr=0,75%
Phishing and Ransomware	1.192.008	1.188.508	1.179.021	1.190.918	1.186.894	1.181.654
Web Attacks	3.154.286	3.199.773	3.151.042	3.169.515	3.170.060	3.159.751
Malicious insider	986.261	981.942	987.420	975.731	980.982	974.904
Malware and Botnets	2.420.530	2.466.598	2.436.624	2.441.124	2.452.032	2.452.036
Stolen devices	762.511	755.346	760.949	764.342	756.956	759.737
Malicious code	1.075.289	1.067.568	1.076.559	1.073.684	1.069.127	1.073.700
<b>Totale distribuzione congiunta</b>	<b>9.523.611</b>	<b>10.339.891</b>	<b>10.357.404</b>	<b>9.273.039</b>	<b>9.976.752</b>	<b>10.172.877</b>

# IL MODELLO ATTUARIALE PER LA QUANTIFICAZIONE DEL RISCHIO CYBER – LA DISTRIBUZIONE CONGIUNTA

Come si evince dalla precedente tabella, considerando la mediana del campione di 100 realizzazioni il TVaR(99,5%) è crescente al crescere della correlazione e vi sono delle differenze tra la copula normale e la vine copula che porterebbe a delle riduzioni di requisito di capitale.

Rischi	MEDIANA DEL CAMPIONE - TVaR(99,5%)					
	Normal Copula			Vine Copula		
	corr=0,25%	corr=0,5%	corr=0,75%	corr=0,25%	corr=0,5%	corr=0,75%
Phishing and Ransomware	7.337.990	7.654.208	7.611.303	8.107.545	7.532.957	7.411.135
Web Attacks	19.815.029	21.806.988	19.050.564	20.441.766	20.135.248	19.266.017
Malicious insider	6.741.089	6.356.957	6.056.343	6.498.443	6.625.805	6.401.735
Malware and Botnets	17.504.595	17.155.716	16.029.974	16.548.079	16.126.057	16.449.781
Stolen devices	5.067.898	5.067.610	4.858.431	4.854.961	5.019.510	4.577.981
Malicious code	6.792.429	6.764.862	6.591.121	7.361.945	6.782.254	7.247.575
<b>Totale distribuzione congiunta</b>	<b>61.473.361</b>	<b>64.383.698</b>	<b>65.011.934</b>	<b>56.430.445</b>	<b>59.057.018</b>	<b>59.614.953</b>

# IL PRICING

Al fine di quantificare il prezzo di una potenziale copertura assicurativa che possa coprire il cyber risk per una compagnia si è proceduto nel seguente modo:

- A. Il premio equo è pari al valor medio della somma dei sei rischi modellizzati
- B. Il caricamento di sicurezza è stato valutato con la logica del costo del capitale ipotizzando che il rischio si estingua dopo un anno con un tasso di costo del capitale pari al 6%.
- C. Il caricamento di tariffa è stato calcolato considerando solo i costi di gestione di mercato, ovvero è stato ipotizzato un expenses ratio pari al 25%

Si precisa che per procedere alla stima di cui al punto B è stato calcolato il requisito di capitale in ottica Pillar 1 ovvero con il VaR ed in ottica Pillar 2 considerando una misura di rischio coerente, ovvero il TVaR al livello di probabilità al 99,5% della distribuzione del danno aggregato multivariato. Il Tail VaR è stato preferito rispetto al VaR, oltreché per la proprietà di sub-additività, soprattutto perché coglie meglio il rischio legato alla coda della distribuzione fortemente asimmetrica e pertanto idoneo nel rappresentare in maniera opportuna i danni catastrofali legati a rischi cibernetici.

# IL PRICING E L'ADD-ON DI SCR

Si riportano le principali risultanze numeriche considerando

- Premio equo pari è pari al valore atteso del danno aggregato ovvero 597.574 dollari
- Il caricamento di sicurezza è pari al costo del capitale considerando un solvency ratio target pari al 200%
- Caricamento di tariffa calcolato considerando un expenses ratio pari al 25%

	Normal Copula			Vine Copula		
	corr=0,25%	corr=0,5%	corr=0,75%	corr=0,25%	corr=0,5%	corr=0,75%
PREMIO EQUO PER COMPAGNIA IN \$	597.574	597.574	597.574	597.574	597.574	597.574
CAMBIO DOLLARO/EURO AL 31.12.2020	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22
CARICAMENTO % SPESE DI GESTIONE	25%	25%	25%	25%	25%	25%

CARICAMENTO DEL PREMIO PURO CON VaR(99,5%) IN \$	1.142.833	1.240.787	1.242.888	1.112.765	1.197.210	1.220.745
CARICAMENTO SPESE DI GESTIONE IN \$	199.191	199.191	199.191	199.191	199.191	199.191
PREMIO DI TARIFFA PER COMPAGNIA IN \$	1.939.599	2.037.553	2.039.654	1.909.531	1.993.976	2.017.511
PREMIO DI TARIFFA PER COMPAGNIA IN EURO	2.366.311	2.485.814	2.488.378	2.329.627	2.432.651	2.461.364
SCR CON VaR(99,5%)	9.252.494	10.128.853	10.147.654	8.983.480	9.738.987	9.949.546
UTILE ATTESO NETTO COC CON VaR(99,5%)	283.957	298.298	298.605	279.555	291.918	295.364
RORAC CON VaR(99,5%)	3,07%	2,95%	2,94%	3,11%	3,00%	2,97%
TOTALE PREMI MERCATO ITALIA PER CYBER	385.708.698	405.187.761	405.605.665	379.729.258	396.522.109	401.202.268
% SU TOTALE PREMI ASSICURATIVI MERCATO ITALIA	0,28%	0,29%	0,29%	0,27%	0,29%	0,29%

CARICAMENTO DEL PREMIO PURO CON TVaR(99,5%) IN \$	7.376.803	7.726.044	7.801.432	6.771.653	7.086.842	7.153.794
CARICAMENTO SPESE DI GESTIONE IN \$	199.191	199.191	199.191	199.191	199.191	199.191
PREMIO DI TARIFFA PER COMPAGNIA IN \$	7.993.298	8.341.751	8.417.124	7.388.421	7.702.882	7.769.651
PREMIO DI TARIFFA PER COMPAGNIA IN EURO	9.751.823	10.176.936	10.268.891	9.013.874	9.397.516	9.478.974
SCR CON TVaR(99,5%)	53.480.063	56.041.947	56.594.810	49.042.024	51.354.136	51.845.302
UTILE ATTESO NETTO COC CON TVaR(99,5%)	2.362.161	2.479.848	2.505.460	2.156.776	2.262.965	2.285.484
RORAC CON VaR(99,5%)	4,42%	4,42%	4,43%	4,40%	4,41%	4,41%
TOTALE PREMI MERCATO ITALIA PER CYBER	1.589.547.202	1.658.840.588	1.673.829.251	1.469.261.392	1.531.795.084	1.545.072.836
% SU TOTALE PREMI ASSICURATIVI MERCATO ITALIA	1,13%	1,18%	1,19%	1,05%	1,09%	1,10%

SCR CYBER PER MERCATO ITALIANO CON VaR(99,5%)	1.508.156.531	1.651.002.988	1.654.067.618	1.464.307.303	1.587.454.873	1.621.776.039
SCR TOTALE MERCATO ITALIANO SENZA CYBER	58.000.000.000	58.000.000.000	58.000.000.000	58.000.000.000	58.000.000.000	58.000.000.000
SCR TOTALE MERCATO ITALIANO CON CYBER	59.508.156.531	59.651.002.988	59.654.067.618	59.464.307.303	59.587.454.873	59.621.776.039
OWN FUNDS	140.000.000.000	140.000.000.000	140.000.000.000	140.000.000.000	140.000.000.000	140.000.000.000
SOLVENCY RATIO MERCATO ITALIA CON CYBER	235%	235%	235%	235%	235%	235%
SOLVENCY RATIO MERCATO ITALIA SENZA CYBER	241%	241%	241%	241%	241%	241%
DELTA%	-6,1%	-6,7%	-6,7%	-5,9%	-6,4%	-6,6%

SCR CYBER PER MERCATO ITALIANO CON TVaR(99,5%)	8.717.250.227	9.134.837.319	9.224.954.000	7.993.849.977	8.370.724.142	8.450.784.166
SCR TOTALE MERCATO ITALIANO SENZA CYBER	58.000.000.000	58.000.000.000	58.000.000.000	58.000.000.000	58.000.000.000	58.000.000.000
SCR TOTALE MERCATO ITALIANO CON CYBER	66.717.250.227	67.134.837.319	67.224.954.000	65.993.849.977	66.370.724.142	66.450.784.166
OWN FUNDS	140.000.000.000	140.000.000.000	140.000.000.000	140.000.000.000	140.000.000.000	140.000.000.000
SOLVENCY RATIO MERCATO ITALIA CON CYBER	210%	209%	208%	212%	211%	211%
SOLVENCY RATIO MERCATO ITALIA SENZA CYBER	241%	241%	241%	241%	241%	241%
DELTA%	-31,5%	-32,8%	-33,1%	-29,2%	-30,4%	-30,7%

# COMMENTI SUL PRICING

Considerando che nel mercato italiano ci sono ad oggi 163 compagnie, ipotizzando un potenziale pool di assicuratori con opportune cessioni in riassicurazione, il premio complessivo per il mercato italiano sarebbe compreso tra:

- 379 milioni e 405 milioni di euro, **ovvero tra circa lo 0,27% e lo 0,29% del totale dei premi contabilizzati nell'esercizio 2020** pari a circa 138,6 miliardi di euro considerando una misura di rischio VaR al fine di calcolare il solvency capital requirement ed il conseguente caricamento di sicurezza per il pricing;
- 1.469 milioni e 1.674 milioni di euro, **ovvero tra circa l' 1,05% e l' 1,19% del totale dei premi contabilizzati nell'esercizio 2020 considerando una misura di rischio TVaR** al fine di calcolare il solvency capital requirement ed il conseguente caricamento di sicurezza per il pricing;

# COMMENTI SULL'ADD-ON DI CAPITALE

Considerando i dati di solvibilità del mercato italiano al 31.12.2020:

- SCR pari a circa 58 miliardi di euro
- Own Funds pari a circa 140 miliardi di euro
- Solvency ratio pari a circa il **242%**

Sulla base delle nostre elaborazioni per il complesso del mercato italiano tale add-on di capitale sarebbe compreso tra a circa 1,8 miliardi di euro e pertanto avremmo il seguente Solvency ratio di mercato:

- SCR comprensivo del cyber risk pari a circa 60 miliardi di euro
- Own Funds pari a circa 140 miliardi di euro (costanti)
- Solvency ratio pari a circa il **234%**

# COMMENTI SULL'ADD-ON DI CAPITALE

In conclusione il considerare anche il requisito di capitale per rischi cibernetici porterebbe a:

- **ad un abbattimento del solvency ratio di mercato del 7,3%**
- **ad un incremento del requisito di capitale pari al 1,3% dei premi contabilizzati**

# ULTERIORE CONSIDERAZIONE SULL'ADD-ON DI CAPITALE

Dato che le distribuzioni di probabilità che rappresentano le sei distribuzioni marginali e la distribuzione multivariata congiunta hanno code estremamente pesanti, qualora al fine di calcolare il requisito di capitale utilizzassimo una misura di rischio capace di cogliere tale aspetto, ovvero il TVaR, a parità di percentile 99,5%, si avrebbe un aggravio di capitale importante.

Passeremmo da un SCR comprensivo del cyber risk pari a circa 60 miliardi di euro con VaR(99,5%) ad un SCR pari a circa 66 miliardi di euro con TVaR(99,5%).

Di conseguenza si avrebbe una riduzione di solvency ratio medio del mercato Italia che passerebbe da **7,3% con VaR(99,5%) al 29,3% con TVaR(99,5%)**.

# PRINCIPALI RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Accenture, 2019, **The cost of cyber crime** - <https://www.accenture.com/acnmedia/pdf-96/accenture-2019-cost-of-cybercrime-study-final.pdf>
- ANIA, 2021, **L'assicurazione Italiana 2020-2021** - <https://www.ania.it/documents/35135/126701/L%27Assicurazione+Italiana+2020-2021.pdf/e4fa652e-dda7-8c9c-96ef-1e4468d4f903?version=1.0&t=1626333153413>
- Biener C., Eling M., Wirfs J. H., 2015, **Insurability of cyber risk: an empirical analysis**, Geneva Papers on Risk and Insurance, Issues and Practice 40, 131–158 - <https://www.alexandria.unisg.ch/238242/1/Insurability%20of%20Cyber%20Risk%20An%20Empirical%20Analysis.pdf>
- Carannante M., D'Amato V., Fersini P., Forte S., Melisi G., **Vine Copula modelling dependence among cyber risks: a dangerous regulatory paradox**, 2022 (Under review)
- D'Amato V., Fersini P., Forte S., Melisi G., 2020, **The effect of Disruption in Insurance Industry: Cyber Risk Evaluation**, Actuarial Colloquium Paris - <https://www.actuview.com/video/The-Effect-of-Disruption-in-Insurance-Industry-Instant-Policy-Pricing-and-Cyber-Risk-Evaluation/694e0b7cb>



# GRAZIE!

Salvatore Forte

[sforte@luiss.it](mailto:sforte@luiss.it)

23 giugno 2022