



**XIII**

CONGRESSO  
NAZIONALE  
DEGLI  
ATTUARI

INNOVAZIONE  
TECNOLOGICA  
E RISCHI SISTEMICI:  
L'ATTUARIO  
VALUTATORE  
GLOBALE  
DELL'INCERTEZZA

ROMA  
10-12 Novembre 2021

# Calibrazione e previsione dei tassi in contesti ad alta volatilità e con rendimenti negativi

*Modelli previsivi sui tassi (ma non solo)*

Giuseppe Orlando

giuseppe.orlando@uniba.it

Roma, 11 novembre 2021



# Caratteristiche dei mercati finanziari

XIII

CONGRESSO  
NAZIONALE  
DEGLI  
ATTUARI

INNOVAZIONE  
TECNOLOGICA  
E RISCHI SISTEMICI:  
L'ATTUARIO  
VALUTATORE  
GLOBALE  
DELL'INCERTEZZA

ROMA  
10-12 Novembre 2021

I mercati sono caratterizzati da

- Alta variabilità
- Cluster di volatilità
- Salti
- Distribuzione dei rendimenti asimmetrica
- Rendimenti negativi (in alcune situazioni)



# Irregolarità, Cluster di volatilità, Salti

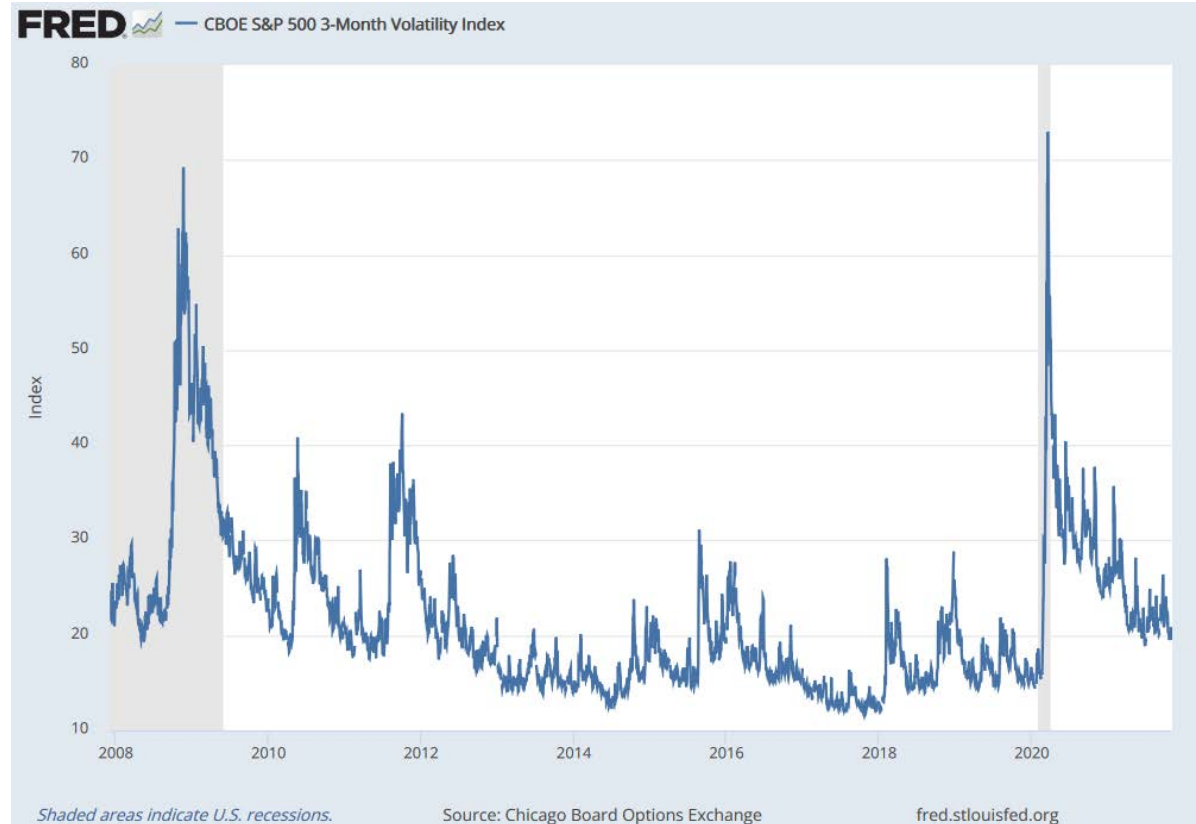
XIII

CONGRESSO  
NAZIONALE  
DEGLI  
ATTUARI

INNOVAZIONE  
TECNOLOGICA  
E RISCHI SISTEMICI:  
L'ATTUARIO  
VALUTATORE  
GLOBALE  
DELL'INCERTEZZA

ROMA  
10-12 Novembre 2021

**CBOE S&P 500 3-Month Volatility Index** measures 3-month implied volatility of the S&P 500 (SPX) Index options. The VIX3M Index has tended to be less volatile than the Cboe Volatility Index (VIX), which measures one-month implied volatility.





# Irregolarità, Cluster di volatilità, Salti

**XIII**  
CONGRESSO  
NAZIONALE  
DEGLI  
ATTUARI

INNOVAZIONE  
TECNOLOGICA  
E RISCHI SISTEMICI:  
L'ATTUARIO  
VALUTATORE  
GLOBALE  
DELL'INCERTEZZA

ROMA  
10-12 Novembre 2021

## Market Yield on U.S. Treasury Securities at 10- Year Constant Maturity (DGS10)

Observation:

2021-10-29: **-3.6**

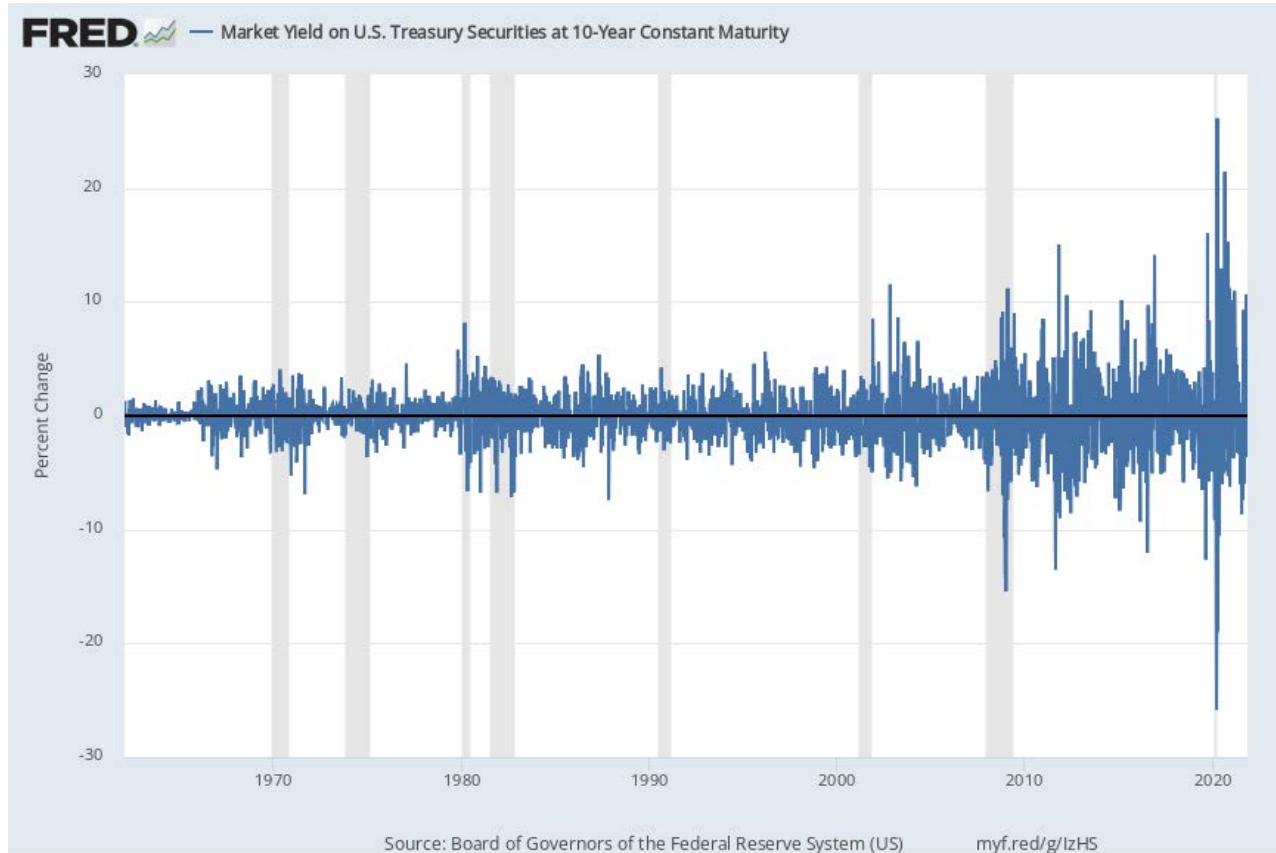
Updated: Nov 4,  
2021

Units:

Percent Change,

Frequency:

Weekly





# Distribuzione dei rendimenti asimmetrica, Rendimenti negativi (in alcune situazioni)

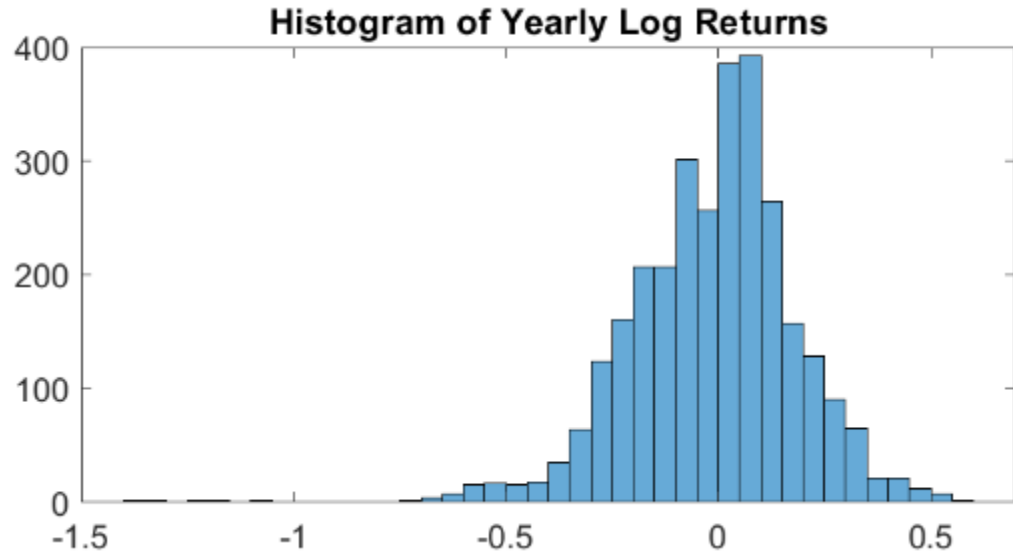
**XIII**

CONGRESSO  
NAZIONALE  
DEGLI  
ATTUARI

INNOVAZIONE  
TECNOLOGICA  
E RISCHI SISTEMICI:  
L'ATTUARIO  
VALUTATORE  
GLOBALE  
DELL'INCERTEZZA

ROMA  
10-12 Novembre 2021

**Market Yield on  
U.S. Treasury  
Securities at 10-  
Year Constant  
Maturity  
(DGS10)**



“Empirical evidences on the interconnectedness between sampling and asset returns’ distributions” – Orlando and M. Bufalo, *Risks* 2021, 9(5), 88, 8 May 2021,

<https://www.mdpi.com/2227-9091/9/5/88>



# Distribuzione dei rendimenti asimmetrica, Rendimenti negativi (in alcune situazioni)

**XIII**

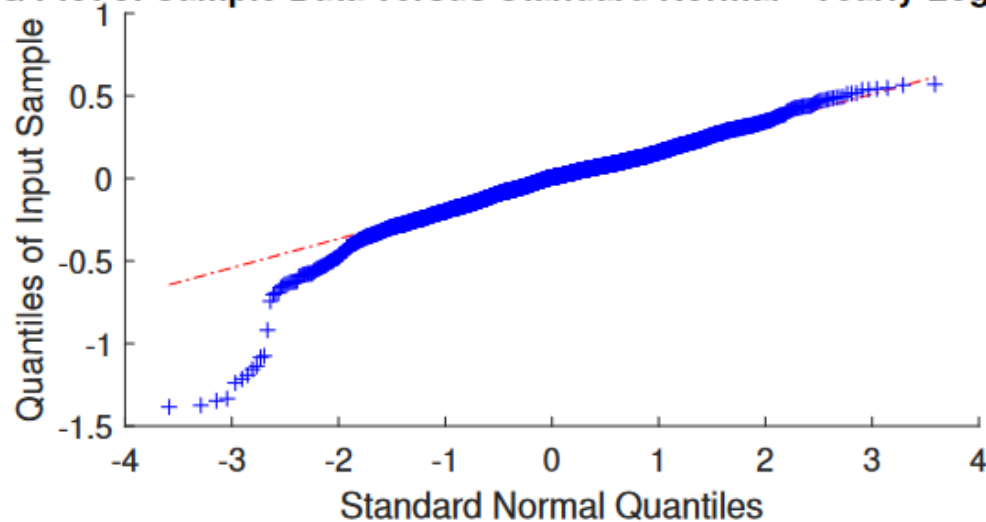
CONGRESSO  
NAZIONALE  
DEGLI  
ATTUARI

INNOVAZIONE  
TECNOLOGICA  
E RISCHI SISTEMICI:  
L'ATTUARIO  
VALUTATORE  
GLOBALE  
DELL'INCERTEZZA

**Market Yield on  
U.S. Treasury  
Securities at 10-  
Year Constant  
Maturity  
(DGS10)**

ROMA  
10-12 Novembre 2021

**QQ Plot of Sample Data versus Standard Normal - Yearly Log Returns**



“Empirical evidences on the interconnectedness between sampling and asset returns’ distributions” – Orlando and M. Bufalo, Risks 2021, 9(5), 88, 8 May 2021,

<https://www.mdpi.com/2227-9091/9/5/88>



# Come gestire l'incertezza sui tassi

**XIII**  
CONGRESSO  
NAZIONALE  
DEGLI  
ATTUARI

INNOVAZIONE  
TECNOLOGICA  
E RISCHI SISTEMICI:  
L'ATTUARIO  
VALUTATORE  
GLOBALE  
DELL'INCERTEZZA

ROMA  
10-12 Novembre 2021

Date le caratteristiche dei mercati suddette come gestire l'incertezza?

Negli anni sono state proposte diverse soluzioni, una di queste è il modello CIR# che prende un modello noto di pricing (il CIR di Cox, Ingersoll e Ross) e lo **trasforma** in un strumento per la **previsione dei tassi** e la **gestione del rischio** nel **contesto odierno dei mercati**



# Un po' di bibliografia sul CIR#

XIII

CONGRESSO  
NAZIONALE  
DEGLI  
ATTUARI

INNOVAZIONE  
TECNOLOGICA  
E RISCHI SISTEMICI:  
L'ATTUARIO  
VALUTATORE  
GLOBALE  
DELL'INCERTEZZA

ROMA  
10-12 Novembre 2021

1. "Interest rates forecasting: between Hull and White and the CIR#. How to make a single factor model work" – G. Orlando, M. Bufalo, Journal of Forecasting, 2 May 2021, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/for.2783>
2. "Forecasting interest rates through Vasicek and CIR models: a partitioning approach"- with R.M. Mininni and M. Bufalo - Journal of Forecasting, Vol. 39 No. 4, pp. 569-579, 12 December 2019, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/for.2642>
3. "A New Approach to Forecast Market Interest Rates Through the CIR Model", G. Orlando, R.M. Mininni and M. Bufalo - Studies in Economics and Finance, Emerald Publishing, Volume 37, Issue 2, 20 September 2019, <https://doi.org/10.1108/SEF-03-2019-0116>
4. "Interest Rates Calibration with a CIR Model" - G. Orlando, R.M. Mininni and M. Bufalo - Journal of Risk Finance, Vol. 20 No. 4, pp. 370-387. Emerald Publishing, 14 September 2019, <https://doi.org/10.1108/JRF-05-2019-0080>
5. "A New Approach to CIR Short Term Rates Modelling" - G. Orlando, R.M. Mininni and M. Bufalo - In book: "New Methods in Fixed Income Modeling", Springer, 19 August 2018, <https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-95285-7>





# Dataset e ultima pubblicazione sul CIR#

# XIII

CONGRESSO  
NAZIONALE  
DEGLI  
ATTUARI

INNOVAZIONE  
TECNOLOGICA  
E RISCHI SISTEMICI:  
L'ATTUARIO  
VALUTATORE  
GLOBALE  
DELL'INCERTEZZA

ROMA  
10-12 Novembre 2021

Code	Description	Bloomberg Ticker	Tenor
EUR1	EUR Overnight	EE000/N Curney	N
EUR2	EUR 1 Month	EE0001M Curney	1M
EUR3	EUR 2 Month	EE0002M Curney	2M
EUR4	EUR 3 Month	EE0003M Curney	3M
EUR5	EUR 6 Month	EE0006M Curney	6M
EUR6	EUR 12 Month	EE0012M Curney	12M
USD1	USD Overnight	US000/N Curney	N
USD2	USD 1 Month	US0001M Curney	1M
USD3	USD 2 Month	US0002M Curney	2M
USD4	USD 3 Month	US0003M Curney	3M
USD5	USD 6 Month	US0006M Curney	6M
USD6	USD 12 Month	US0012M Curney	12M
JPY1	JPY Spot Next	JY00S/N Curney	N
JPY2	JPY 1 Month	JY0001M Curney	1M
JPY3	JPY 2 Month	JY0002M Curney	2M
JPY4	JPY 3 Month	JY0003M Curney	3M
JPY5	JPY 6 Month	JY0006M Curney	6M
JPY6	JPY 12 Month	JY0012M Curney	12M
CHF1	CHF Overnight	SF00S/N Curney	N
CHF2	CHF 1 Month	SF0001W Curney	1M
CHF3	CHF 2 Month	SF0001M Curney	2M
CHF4	CHF 3 Month	SF0003M Curney	3M
CHF5	CHF 6 Month	SF0006M Curney	6M
CHF6	CHF 12 Month	SF0012M Curney	12M



Edited By: Derek W. Bunn

Impact factor: 2.306

2020 Journal Citation Reports (Clarivate Analytics): 146/378 (Economics) 176/226 (Management)

Online ISSN: 1099-131X

© John Wiley & Sons Ltd

"Interest rates forecasting: between Hull and White and the CIR#. How to make a single factor model work" – G. Orlando, M. Bufalo, Journal of Forecasting, 2 May 2021,

Link: <http://dx.doi.org/10.1002/for.2783>



# Esempio della capacità previsiva del CIR# su overnight

## XIII

CONGRESSO  
NAZIONALE  
DEGLI  
ATTUARI

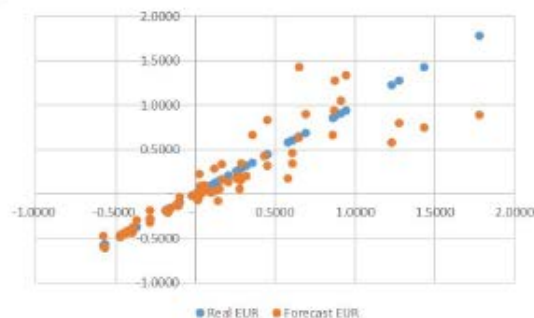
INNOVAZIONE  
TECNOLOGICA  
E RISCHI SISTEMICI:  
L'ATTUARIO  
VALUTATORE  
GLOBALE  
DELL'INCERTEZZA

## Previsioni (arancione) vs realizzazioni (blu)

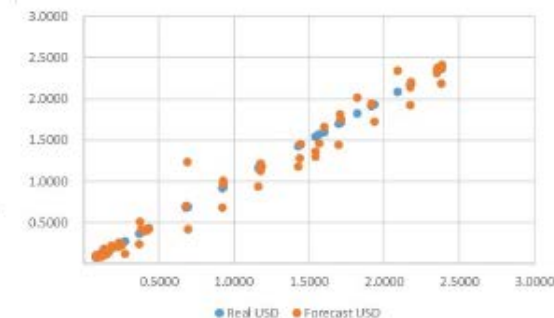
ROMA  
10-12 Novembre 2021

Multiple comparisons for the overnight interest rate occurrences across currencies versus their corresponding forecasts.

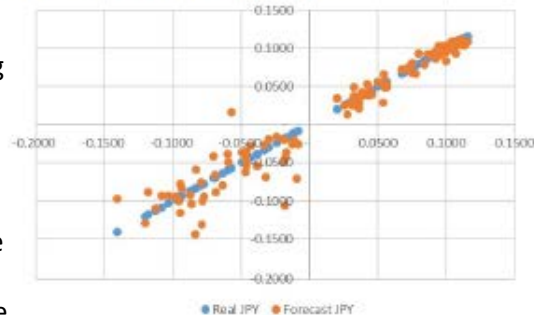
(a) EUR Overnight: plot of the realized interest rate occurrence versus the forecasted value. (b) USD Overnight: plot of the realized interest rate occurrence versus the forecasted value. (c) JPY Overnight: plot of the realized interest rate occurrence versus the forecasted value. (d) CHF Overnight: plot of the realized interest rate occurrence versus the forecasted value



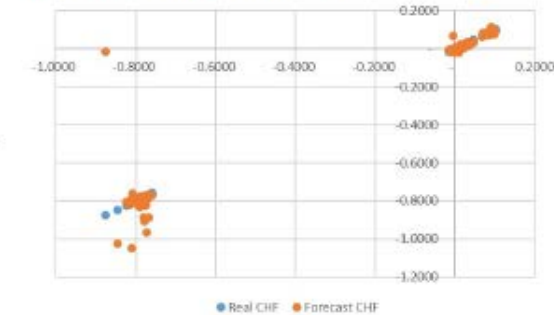
(a) EUR overnight. Plot of the realized interest rate occurrence versus the forecasted value.



(b) USD overnight. Plot of the realized interest rate occurrence versus the forecasted value.



(c) JPY overnight. Plot of the realized interest rate occurrence versus the forecasted value.



(d) CHF overnight. Plot of the realized interest rate occurrence versus the forecasted value.



# Esempio della capacità previsiva del CIR# su overnight

# XIII

CONGRESSO  
NAZIONALE  
DEGLI  
ATTUARI

INNOVAZIONE  
TECNOLOGICA  
E RISCHI SISTEMICI:  
L'ATTUARIO  
VALUTATORE  
GLOBALE  
DELL'INCERTEZZA

ROMA  
10-12 Novembre 2021

Bland-Altman test per verificare che ci siano poche eccezioni (outliers)

**Bland** and **Altman's** limits of agreement (**LoA**) method is the most commonly used statistical method to assess the bias and precision of a measuring tool

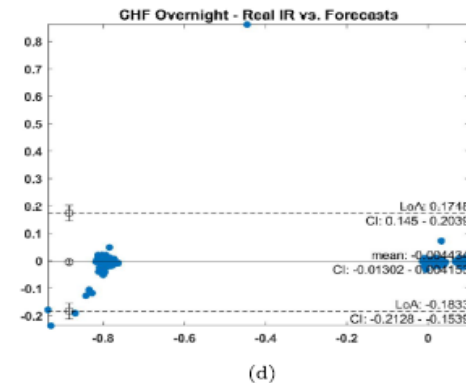
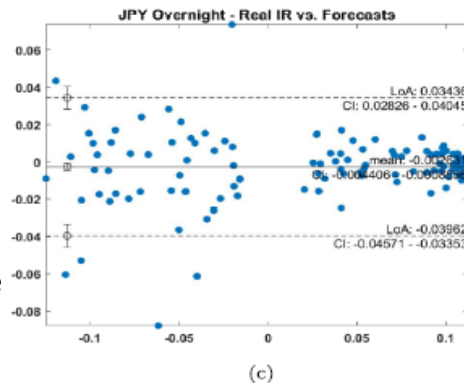
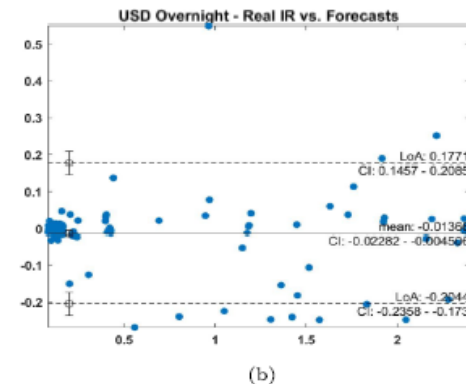
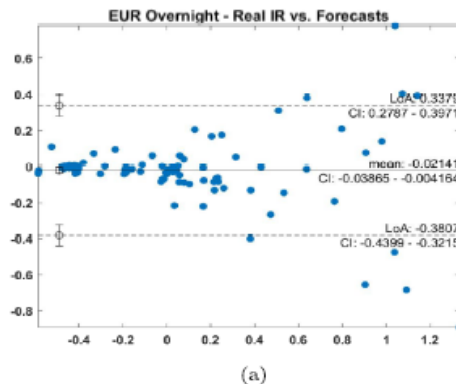
Bland-Altman plot. Multiple comparisons for the overnight interest rates occurrences across currencies versus their corresponding forecasts. Maximum number of outliers are 0.885%.

(a) EUR Overnight: over 113 data points, outliers are nine (out of which

only five outside LoA confidence level). (b) USD Overnight: over 113 data points, outliers are nine (out of which only six outside LoA confidence level).

(c) JPY Overnight: over 113 data points, outliers are five (all of them outside LoA confidence level).

(d) CHF Overnight: over 113 data points, outliers are two (none of them outside LoA confidence level)





# Errore di previsione del CIR# su tutti tassi



INNOVAZIONE  
TECNOLOGICA

EUR

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{h=1}^n e_h^2}$$

$$NRMSE = \frac{RMSE}{r_{\max} - r_{\min}}$$

$r_{\max}$  = maximum value  
 $r_{\min}$  = minimum value of  
the observed sample

JPY

	EE000/N	EE0001M	EE0002M	EE0003M	EE0006M	EE0012M		JY00S/N	JY0001M	JY0002M	JY0003M	JY0006M	JY0012M
CIR#	5.14%	3.63%	3.56%	3.05%	2.71%	2.77%	CIR#	8.66%	5.20%	5.37%	4.85%	3.92%	3.88%
CIR <sub>adj</sub>	10.94%	5.39%	4.87%	4.39%	4.18%	3.64%	CIR <sub>adj</sub>	13.55%	11.65%	9.26%	16.64%	6.82%	5.47%
EWMA	11.54%	11.77%	11.61%	11.50%	11.11%	10.95%	EWMA	9.46%	9.82%	9.91%	9.60%	9.11%	8.56%
HW	9.95%	8.63%	8.62%	8.86%	9.74%	10.60%	HW	13.74%	15.69%	16.09%	16.46%	15.72%	10.74%

USD

CHF

	US000/N	US0001M	US0002M	US0003M	US0006M	US0012M		CH00S/N	CH0001M	CH0002M	CH0003M	CH0006M	CH0012M
CIR#	7.88%	8.71%	8.53%	14.06%	7.83%	7.90%	CIR#	9.29%	9.19%	8.53%	8.51%	7.51%	6.56%
CIR <sub>adj</sub>	10.98%	28.15%	16.48%	10.98%	7.60%	7.75%	CIR <sub>adj</sub>	8.96%	16.80%	14.15%	12.59%	6.21%	26.73%
EWMA	15.69%	14.85%	15.07%	15.69%	14.32%	13.55%	EWMA	12.47%	12.23%	12.11%	12.00%	10.95%	9.52%
HW	12.89%	16.20%	16.62%	12.89%	15.49%	10.16%	HW	17.64%	17.03%	16.68%	16.54%	17.05%	14.14%

NRMSE for different  
models, tenors, and currencies

Abbreviations: CIR, Cox, Ingersoll, and Ross; EWMA, exponentially weighted moving average; HW, Hull and White; NRMSE, normalized root mean squared error.



# Direzionalità della previsione del CIR# su tutti tassi

XIII

CONGRESSO NAZIONALE DEGLI ATTUARI

INNOVAZIONE TECNOLOGICA

$$\begin{cases} H(t+1) = 1 & \text{if } \text{sgn}(\alpha_{t+1}) = \text{sgn}(\beta_{t+1}), \\ H(t+1) = 0 & \text{if } \text{sgn}(\alpha_{t+1}) \neq \text{sgn}(\beta_{t+1}). \end{cases} \quad \text{IDX} := \frac{1}{T-1} \sum_{t=1}^{T-1} H(t+1).$$

IDX indica la percentuale di **previsioni corrette** sulla direzionalità del tasso di interesse

EUR

	EE000/N	EE0001M	EE0002M	EE0003M	EE0006M	EE0012M
CIR#	66.67%	71.67%	75.00%	75.00%	68.33%	70.00%
CIR <sub>adj</sub>	53.73%	68.65%	65.67%	68.65%	65.67%	71.64%
EWMA	38.80%	28.35%	25.37%	29.85%	25.37%	25.37%
HW	47.45%	54.23%	50.84%	49.15%	30.50%	22.03%

USD

	US000/N	US0001M	US0002M	US0003M	US0006M	US0012M
CIR#	60.00%	58.33%	58.33%	66.67%	60.00%	73.33%
CIR <sub>adj</sub>	73.13%	49.25%	50.74%	73.13%	71.64%	65.67%
EWMA	47.76%	40.29%	32.83%	47.76%	26.86%	35.82%
HW	61.01%	50.84%	47.45%	61.10%	45.76%	49.15%

JPY

	JY00S/N	JY0001M	JY0002M	JY0003M	JY0006M	JY0012M
CIR#	67.16%	71.64%	74.62%	70.14%	86.56%	83.58%
CIR <sub>adj</sub>	64.17%	77.61%	65.67%	65.67%	77.61%	71.64%
EWMA	56.71%	38.80%	47.76%	47.76%	26.86%	31.34%
HW	45.76%	32.20%	40.67%	42.37%	27.11%	28.83%

CHF

	CH00S/N	CH0001M	JY0002M	CH0003M	CH0006M	CH0012M
CIR#	53.09%	53.09%	57.52%	52.21%	51.32%	53.09%
CIR <sub>adj</sub>	69.02%	66.37%	61.06%	67.25%	59.29%	55.75%
EWMA	61.06%	56.63%	61.06%	61.06%	52.21%	53.09%
HW	52.54%	50.84%	49.12%	49.15%	37.28%	40.67%

IDX indicates the percentage of correct predictions of interest rate directionality

Abbreviations: CIR, Cox, Ingersoll, and Ross; EWMA, exponentially weighted moving average; HW, Hull and White; IDX, index of directionality.



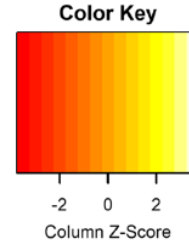
# Un po' di data science

**XIII**  
CONGRESSO  
NAZIONALE  
DEGLI  
ATTUARI

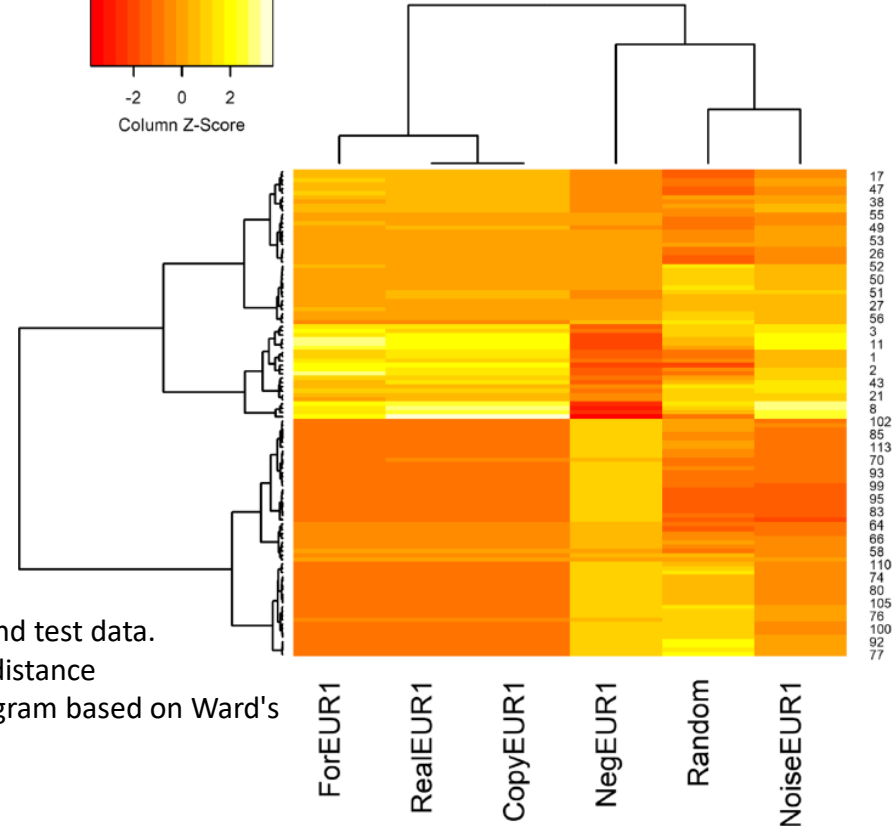
INNOVAZIONE  
TECNOLOGICA  
E RISCHI SISTEMICI:  
L'ATTUARIO  
VALUTATORE  
GLOBALE  
DELL'INCERTEZZA

ROMA  
10-12 Novembre 2021

Il test sull'affinità tra la serie storiche ci dice che tra una serie casuale, un'altra dei tassi reali perturbata e la serie delle previsioni, quest'ultima è la più simile alla serie dei tassi reali



## Minkowski Dist. & Ward Clust.



IDX indicates the percentage of correct predictions of interest rate directionality



# Uso del modello CIR# nell'industria finanziaria

XIII

CONGRESSO  
NAZIONALE  
DEGLI  
ATTUARI

INNOVAZIONE  
TECNOLOGICA  
E RISCHI SISTEMICI:  
L'ATTUARIO  
VALUTATORE  
GLOBALE  
DELL'INCERTEZZA

ROMA  
10-12 Novembre 2021

 **VTB Capital**



The CIR# model is used by VTB Capital (see report “**Floaters Z-spread to RUONIA: avoiding unnecessary arbitrariness**” 22/07/2021) to produce “robust and reproducible RUONIA forecasts without any arbitrariness, giving common ground upon which to estimate spot and historical z-spreads”

Tra gli altri, modello CIR# è utilizzato da VTB Capital per produrre “previsioni RUONIA robuste e riproducibili senza alcuna arbitrarietà, fornendo un terreno comune su cui stimare spot e z-spread storici”



# Siamo Quant: oltre ai tassi c'è di più

**XIII**  
CONGRESSO  
NAZIONALE  
DEGLI  
ATTUARI

INNOVAZIONE  
TECNOLOGICA  
E RISCHI SISTEMICI:  
L'ATTUARIO  
VALUTATORE  
GLOBALE  
DELL'INCERTEZZA

ROMA  
10-12 Novembre 2021

## Lavori sui cicli economici

“Non-Linearities in Economics: An Interdisciplinary Approach to Economic Dynamics, Growth and Cycles”, DOI 10.1007/978-3-030-70982-3 - G. Orlando, A. N. Pisarchik, R. Stoop (editors), September 2021 <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-030-70982-2?page=1#toc>

## Lavori sui rischi di credito, di controparte, di liquidità e sistemici

“Modern Financial Engineering, Counterparty, Credit, Portfolio and Systemic Risks”, World Scientific – G. Orlando, M. Bufalo, H. Penikas, C. Zurlo. Expected release: February 2022, <https://doi.org/10.1142/12725>

## Lavori su crediti in sofferenza (Non Performing Loans)

“Non-performing loans for Italian companies: When time matters. An empirical research on estimating Probability to Default and Loss Given Default” – G. Orlando, R. Pelosi - International Journal of Financial Studies, Journals, Vol. 8, Issue 4, 9 November 2020, <https://www.mdpi.com/2227-7072/8/4/68/htm>

## Lavori su catastrofi naturali (NatCat)

“A Generalized Two-Factor Square-Root Model to Forecast Cost and Volatility of Natural Catastrophes” – G. Orlando, M. Bufalo - January 2021 DOI: [10.13140/RG.2.2.26968.62728](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.26968.62728)



# Terremoti: valori attesi delle perdite

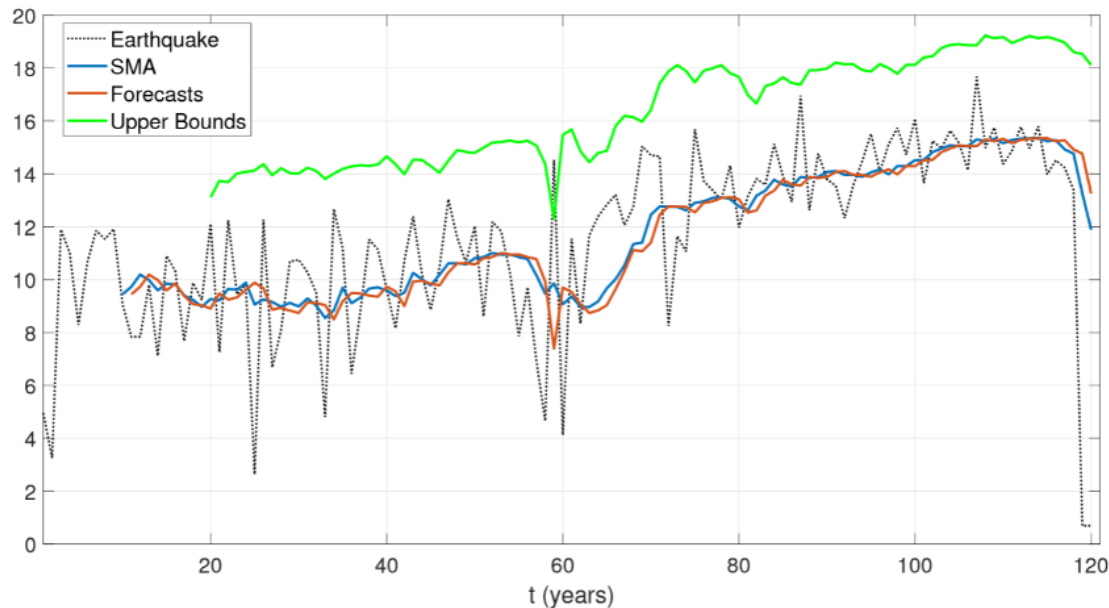


XIII

CONGRESSO  
NAZIONALE  
DEGLI  
ATTUARI

INNOVAZIONE  
TECNOLOGICA  
E RISCHI SISTEMICI:  
L'ATTUARIO  
VALUTATORE  
GLOBALE  
DELL'INCERTEZZA

ROMA  
10-12 Novembre 2021



**Figure:** Earthquake Forecasts. The (dotted) black line is the log-losses of the natural disaster  $X_t$ , the blue line is its SMA (ex post), the red line represents the corresponding forecasts  $x_t^F$ ; finally the green line refers to the upper bound  $VaR_{GPD}$  computed as  $x_t^F + \sigma_t^F + Z_t$  with  $L' = 119$ . Out of sample forecasts.



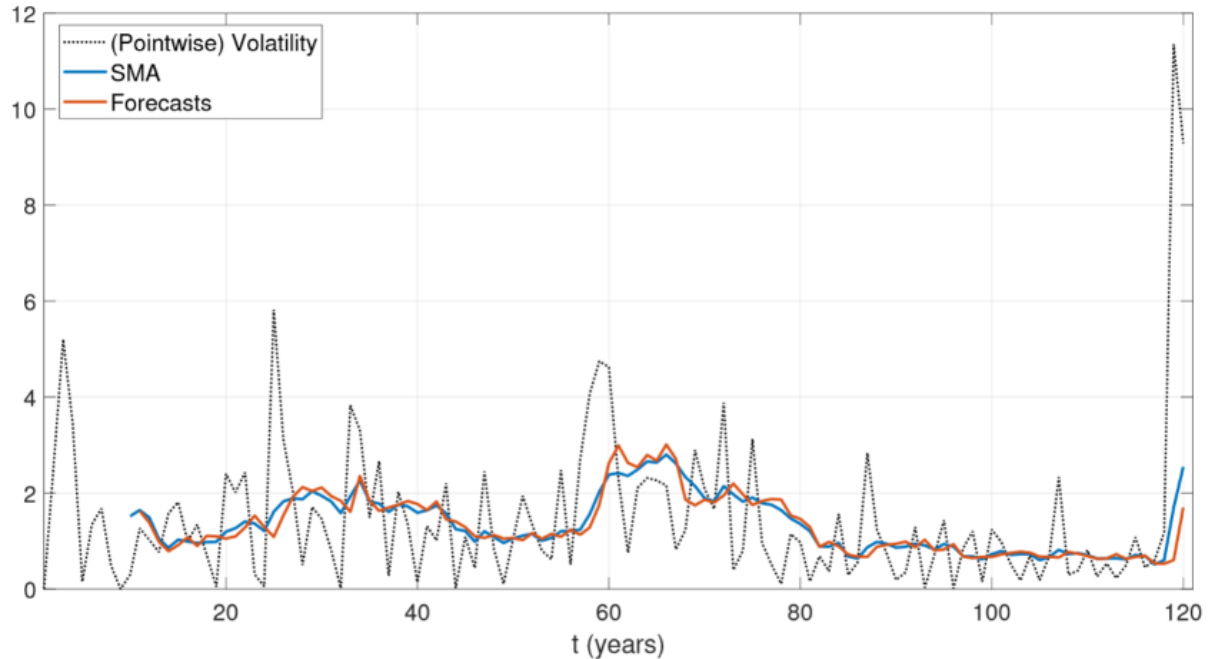
# Terremoti: stima volatilità perdite

XIII

CONGRESSO  
NAZIONALE  
DEGLI  
ATTUARI

INNOVAZIONE  
TECNOLOGICA  
E RISCHI SISTEMICI:  
L'ATTUARIO  
VALUTATORE  
GLOBALE  
DELL'INCERTEZZA

ROMA  
10-12 Novembre 2021



**Figure:** Earthquake volatility Forecasts. The black (dotted) line is the (pointwise) volatility of the log-losses of disaster  $V_t$ , the blue line is its SMA (ex post), the red line represents the corresponding forecasts  $\sigma_t^F$ .



# Terremoti: stima perdite attese a 5, 10, 15 anni

XIII

CONGRESSO  
NAZIONALE  
DEGLI  
ATTUARI

INNOVAZIONE  
TECNOLOGICA  
E RISCHI SISTEMICI:  
L'ATTUARIO  
VALUTATORE  
GLOBALE  
DELL'INCERTEZZA

ROMA  
10-12 Novembre 2021

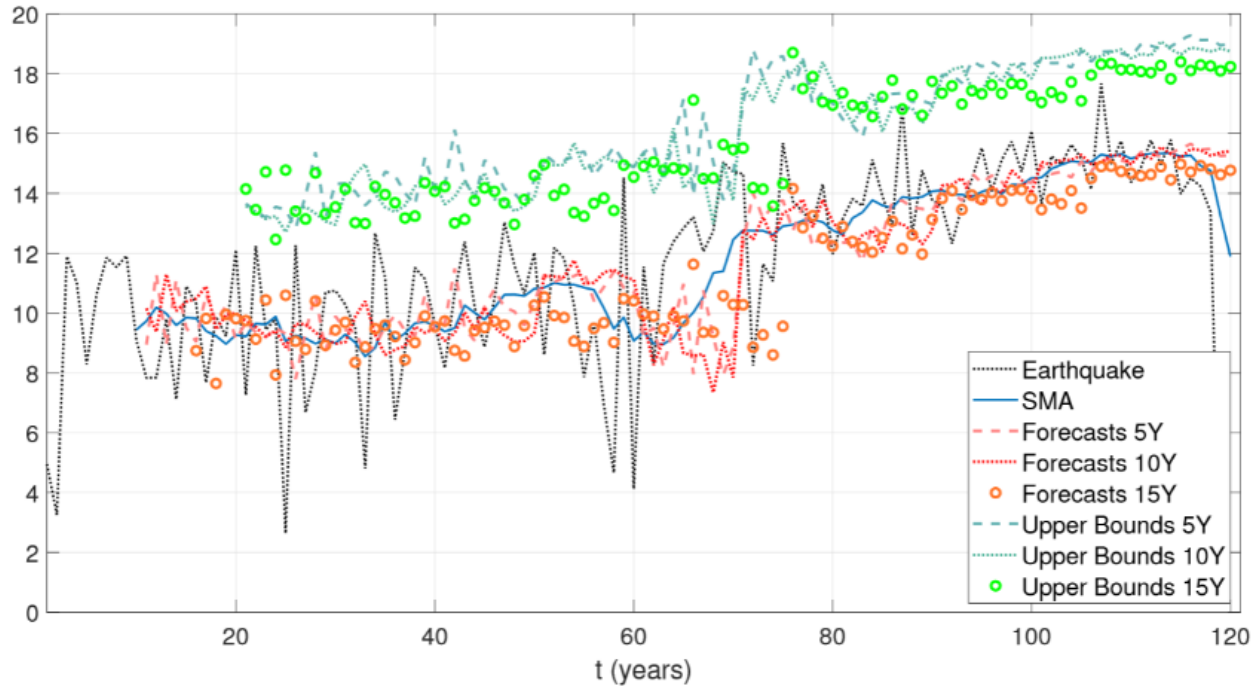


Figure: Earthquake occurrence forecasts for the next 5, 10 and 15 years.



**XIII**

CONGRESSO  
NAZIONALE  
DEGLI  
ATTUARI

INNOVAZIONE  
TECNOLOGICA  
E RISCHI SISTEMICI:  
L'ATTUARIO  
VALUTATORE  
GLOBALE  
DELL'INCERTEZZA

ROMA  
10-12 Novembre 2021

Grazie per l'attenzione!