

# Interconnessioni bancarie, mutui subprime e impatto sulla crescita economica: un'analisi della crisi finanziaria del 2008 negli USA

Francesco Farinelli

In questo report, diviso in tre sezioni principali, ho per prima cosa analizzato le relazioni interbancarie negli Stati Uniti durante la crisi finanziaria del 2008: ho esaminato come le principali banche americane abbiano avuto una relazione causale reciproca significativa, accentuata dalla crisi. In un secondo momento ho valutato l'effetto dei mutui subprime inadempienti sulla crescita economica e sull'occupazione negli USA, rilevando che questi hanno causato una decrescita del PIL e dell'occupazione. Infine, ho indagato sull'efficacia del modello di impulso nella previsione della crisi finanziaria del 2008 e la sua aderenza ai dati: i risultati mostrano che il modello di shock ha una buona aderenza ai dati, ma non è stato in grado di prevedere completamente la crisi finanziaria del 2008.

## Introduzione

Il 15 settembre 2008 la società [Lehman Brothers](#) annuncia il suo fallimento, dopo mesi in cui aveva affrontato una perdita senza precedenti per la persistente crisi dei mutui subprime<sup>1</sup>. Proprio da questa data simbolo parte il lavoro presentato in questo report, con l'obiettivo di cogliere delle relazioni di causa-effetto durante questo periodo di crisi, limitandoci a studiare fenomeni avvenuti negli Stati Uniti.

Il punto di partenza è stato quello di confrontare le serie temporali dei titoli di borsa delle cinque principali banche d'investimento degli USA, ovvero [Goldman Sachs](#) e le *big four* [JP Morgan](#), [CitiGroup](#), [Wells Fargo](#) e [Bank of America](#) per valutare se ci fosse un rapporto causale tra di esse. Successivamente il focus si è spostato verso tre osservabili che sono il PIL, il tasso di occupazione e il tasso di mutui non pagati per cercare di cogliere i nessi causali che collegano queste osservabili nella finestra temporale considerata. Come ultimo passo ho cercato di realizzare un modello matematico della crisi, trattandola come un impulso sulle serie temporali del PIL e delle azioni di Bank of America e CitiGroup.

I dati sono stati raccolti da due fonti principali: per i dati delle azioni di borsa ho scelto Yahoo Finance: per ottenere questi dati è disponibile una libreria di python, [yfinance](#)<sup>[1]</sup>, che consente di scaricare il dataset direttamente dalla scrittura del codice; per i dati di PIL, occupazione e mutui ho scelto di utilizzare il database [FRED](#)<sup>[2]</sup>, che contiene una vasta gamma di serie temporali di dati economici ed è gestito dalla Federal Reserve Bank di St. Louis.

## Analisi Dati

### Considerazioni iniziali

La prima cosa che ho fatto è stata quella di scegliere un intervallo temporale che mi permettesse di avere abbastanza dati sia su scala trimestrale che su scala mensile e che mi permettesse di avere una visuale sul fenomeno della crisi: ho quindi scelto un intervallo di

tempo che va da gennaio 2000 alla fine del 2014, anche in modo tale da poter dividere questo intervallo in tre sotto-intervalli che identificano il periodo pre-crisi (2000-2008), il periodo della crisi (2008-2011) e il periodo post crisi (2011-2015). Questi sotto-intervalli sono stati scelti in base a come comunemente si classifica la crisi del 2008.

Una proprietà fondamentale che una serie temporale deve avere per poter effettuare su di essa l'analisi che ho fatto è la stazionarietà: si dice che una serie è stazionaria quando le sue proprietà statistiche, come ad esempio media e varianza, sono costanti nel tempo. Se una serie non è stazionaria, la si può rendere tale tramite una trasformazione, come ad esempio la differenziazione.

Per stabilire una relazione di causa-effetto sono necessari dei test, uno dei quali è il Granger causality test<sup>2</sup>, che è quello che ho scelto di utilizzare: il test valuta, per ogni possibile ritardo che si sceglie, se l'ipotesi nulla "la seconda serie temporale non causa la prima serie temporale" sia statisticamente significativa. Per scegliere il ritardo ottimale da utilizzare in ogni analisi ho utilizzato i criteri informativi AIC e BIC<sup>3</sup>.

### Le principali banche USA hanno una relazione causale reciproca significativa

Per prima cosa, dopo aver ottenuto i dati delle azioni delle banche riportati in [FIG.1a](#)), ho verificato la stazionarietà delle cinque serie temporali tramite due test statistici, [ADF test](#) e [KPSS test](#), e in tutti i casi ho riscontrato una non stazionarietà. Ho scelto quindi di valutare l'aumento percentuale rispetto al mese precedente per ogni titolo di borsa, ovvero:

$$x_{t,\%} = \frac{x_t - x_{t-1}}{x_{t-1}} \cdot 100$$

A questo punto ho ripetuto i test ADF e KPSS per verificare la stazionarietà e hanno dato esito positivo su tutte le nuove serie.

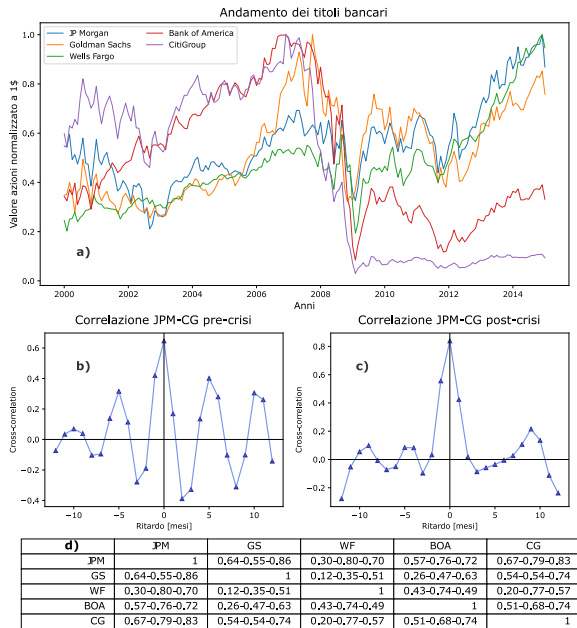
In primo luogo, per valutare l'effetto della crisi sulle banche ho effettuato la **cross-correlation analysis**

<sup>1</sup> Per più dettagli, [Crisi dei subprime](#)

<sup>2</sup> Per più dettagli, [Test di Granger](#)

<sup>3</sup> Per più dettagli, [AIC](#) e [BIC](#)

a due a due tra tutte le banche su i tre sotto-intervalli, per vedere se riuscissi a trovare una correlazione massima in corrispondenza di un ritardo tra una serie e un'altra, ma per ogni tentativo ho trovato un massimo di correlazione a ritardo nullo.



**FIG. 1 Le principali banche USA hanno una correlazione reciproca.** In questa figura sono presentati tre grafici e una tabella relativi all'analisi delle serie temporali delle azioni delle banche: il grafico a) rappresenta l'andamento delle azioni (normalizzate in modo tale che il valore massimo di ognuna corrisponda a 1\$) delle cinque banche in studio su base mensile da gennaio 2000 a dicembre 2014; il b) e c) sono rispettivamente i grafici della cross-correlation analysis tra le serie di JP Morgan e CitiGroup, scelti come esempio, prima e dopo la crisi; la tabella d) rappresenta tutti i valori massimi di cross-correlation (tutti a lag=0) tra le serie temporali delle banche e vanno letti come "prima-durante-dopo" la crisi.

I risultati del coefficiente di correlazione tra due banche in un certo sotto-intervallo sono presentati nella tabella in figura FIG.1d). Da questa analisi si evince che in generale le banche tra loro hanno una forte correlazione in tutti i sotto-periodi, ma questa correlazione aumenta durante il periodo di crisi e rimane poi superiore al valore pre-crisi nel periodo post-crisi: le figure FIG.1b) e FIG.1c) ne sono un esempio, infatti si riferiscono rispettivamente alla cross-correlation delle serie di JP Morgan e CitiGroup prima e dopo la crisi.

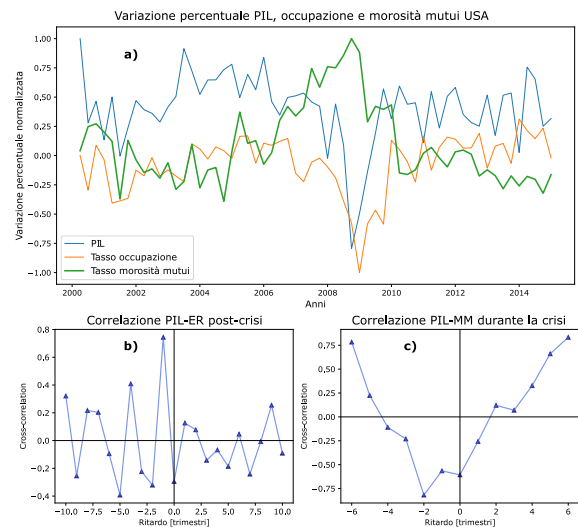
Effettuando quindi il test di Granger per verificare dei possibili nessi causali è emerso che **le banche si influenzano a vicenda**, nel senso che il test di Granger applicato alle serie, scegliendo come lag  $l = 5$  tramite i criteri AIC e BIC, restituisce per ogni coppia di banche dei valori del p-value inferiori alla soglia di  $p = 0.05$  in entrambe le direzioni (cioè se le due serie sono  $X$  e  $Y$ , allora  $X$  causa  $Y$  e  $Y$  causa  $X$ ), che mi permette di **escludere l'ipotesi nulla** che non ci sia causalità tra le serie.

## Il mancato pagamento dei mutui subprime ha portato ad una riduzione del PIL e della occupazione

Il mercato immobiliare e i mutui subprime sono considerati in generale tra le principali cause del periodo di recessione in analisi, quindi questa sezione si occupa di verificare questa assunzione.

Per quanto riguarda le serie temporali, il database FRED consente di visualizzare e scaricare i dati nel modo che si preferisce: sulla scia di quanto fatto precedentemente ho scelto di considerare le variazioni percentuali, in questo caso rispetto al trimestre precedente (perché non erano disponibili dati mensili), delle tre osservabili PIL, tasso di occupazione (ER) e tasso di mancato pagamento dei mutui (MM): le tre serie sono stazionarie, e sono raffigurate in FIG.2a).

Il processo di analisi è stato molto simile a quello della sezione precedente, ma in questo caso la cross-correlation analysis ci ha fornito qualche indizio preliminare sulla causalità: infatti per quanto riguarda la correlazione tra PIL e MM è cresciuta significativamente durante il periodo della crisi, passando da un valore pre-crisi di  $c \simeq -0.3$  con lag  $l = 0$  a  $c \simeq -0.8$  con lag  $l = -2$ , ovvero con MM che precede PIL, come si vede in FIG.2c); la correlazione tra ER e MM ha un comportamento analogo. Per quanto riguarda la correlazione tra PIL e ER il valore rimane sempre  $c \simeq 0.7$  con lag  $l = 1, -1$  in tutti e tre i sotto-periodi, come mostrato nell'esempio FIG.2b). Queste informazioni ci suggeriscono una freccia di causalità durante il periodo di crisi, ovvero che un aumento di MM potrebbe causare una diminuzione del PIL e del ER.



**FIG. 2 I mutui subprime non pagati hanno fatto decrescere il PIL e l'occupazione.** In questa figura sono presentati tre grafici relativi all'analisi delle serie temporali su base trimestrale da gennaio 2000 a ottobre 2014 del PIL, del tasso di occupazione e del tasso di mancato pagamento dei mutui: il grafico a) rappresenta la variazione percentuale (normalizzata a 1) delle tre osservabili; b) è il grafico di cross-correlation tra PIL e occupazione dopo la crisi, mentre c) è il grafico di cross-correlation tra PIL e mutui subprime durante la crisi.

Tramite l'utilizzo del test di causalità di Granger posso concludere che **il mancato pagamento dei**

**mutui subprime ha causato una riduzione del PIL e della occupazione.** Questa affermazione è supportata dall'interpretazione del risultato del test:

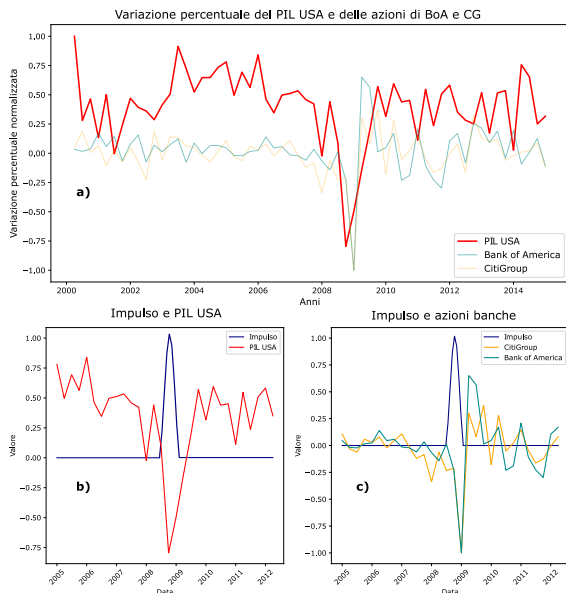
$$\begin{aligned} \text{PIL} &\longleftrightarrow \text{ER} & p_1 &= 2 \cdot 10^{-4} & p_2 &= 4 \cdot 10^{-4} \\ \text{MM} &\longrightarrow \text{ER} & p_1 &= 3 \cdot 10^{-4} & p_2 &= 0.55 \\ \text{MM} &\longrightarrow \text{PIL} & p_1 &= 1.4 \cdot 10^{-3} & p_2 &= 0.54 \end{aligned}$$

dove, supponendo  $X$  e  $Y$  le serie sottoposte al test,  $p_1$  indica il p-value del modello nullo che suppone che  $X$  non causi  $Y$ , mentre  $p_2$  la stessa cosa, ma tra  $Y$  e  $X$ . Le frecce indicano la direzione della relazione di causa-effetto.

### Il modello di impulso per la crisi finanziaria del 2008 ha una buona aderenza ai dati

Fino ad adesso ho confrontato diverse serie temporali per trovare una relazione del tipo: "chi causa chi?". Quello che ho provato a fare in questa sezione è stato modellizzare la crisi come un impulso con massimo nella data del fallimento di Lehman Brothers, FIG.3b) e FIG.3c), per capire la relazione tra le varie osservabili e l'evento crisi. La crisi è rappresentata da un vettore  $I$  che è la combinazione lineare di tre Delta di Kronecker, con i parametri  $\alpha = 0.125$  e  $\beta = 0.0625$  (che sono stati scelti arbitrariamente per simulare il meglio possibile il fallimento della banca), mentre  $i \in [2000/01/01, 2014/10/01]$ :

$$I = \alpha \delta_{i,2008/07/01} + \delta_{i,2008/10/01} + \beta \delta_{i,2009/01/01}$$



**FIG. 3 Il modello di impulso per la crisi finanziaria del 2008 ha una buona aderenza ai dati.** In questa figura sono presentati tre grafici relativi all'analisi delle serie temporali su base trimestrale da gennaio 2000 a ottobre 2014 del PIL e delle azioni di *Bank of America* e *CitiGroup*: il grafico a) rappresenta la variazione percentuale (normalizzata a 1) delle tre osservabili; i grafici b) e c) mostrano uno zoom delle tre serie temporali e la crisi modellizzata come un impulso centrato nel 01/10/2008.

Il codice che ho sviluppato esegue l'analisi delle correlazioni tra le serie temporali del PIL e delle azioni delle banche e l'impulso della crisi; successivamente effettua tre diverse regressioni lineari, una per il PIL, una per le azioni di CitiGroup e una per le azioni di Bank of America, utilizzando l'impulso della crisi come variabile indipendente e calcolando il coefficiente di determinazione  $R^2$ : ad esempio, se ho un valore di  $R^2 = 0.5$ , significa che circa il 50% della variazione dell'osservabile dipendente può essere spiegata dalle altre variabili incluse nel modello. Come ultimo passo ho eseguito l'analisi causale utilizzando i modelli VAR (Vector Autoregression) per le serie temporali, al fine di esaminare le relazioni tra le diverse variabili e l'impulso della crisi finanziaria. Tutti i dati sono stati adattati per avere una frequenza trimestrale di campionamento, da gennaio 2000 a ottobre 2014, come si vede in FIG.3a).

Dai risultati ottenuti dall'analisi delle correlazioni e dalle regressioni lineari, si può notare che c'è una relazione tra l'impulso della crisi finanziaria del 2008 e le azioni delle banche CitiGroup e Bank of America. Infatti, i valori di  $R^2$  per queste regressioni sono 0.47 e 0.41, che **indicano una buona aderenza dei dati al modello**. D'altra parte, la relazione tra l'impulso della crisi e il PIL è meno forte, come indicato dal valore di  $R^2 = 0.32$ . L'analisi causale utilizzando modelli VAR mostra che il PIL e l'impulso della crisi sono legati tra loro e che l'impulso della crisi ha un effetto significativo sul PIL nel breve termine. Tuttavia, non ci sono risultati significativi per l'effetto dell'impulso sulle serie temporali delle azioni delle banche. In generale, i risultati suggeriscono che **la crisi finanziaria del 2008 ha avuto un impatto maggiore sull'economia generale piuttosto che sulle azioni delle banche**.

### Conclusioni

In conclusione è importante sottolineare che la crisi finanziaria del 2008 è stata un evento estremamente complesso e multifattoriale, che coinvolgeva una vasta gamma di attori, istituzioni e mercati finanziari a livello globale. Quindi un singolo modello, che può essere l'impulso o il Granger causality test, che tenti di spiegare la crisi ha dei limiti e potrebbe non essere in grado di cogliere pienamente tutte le sfumature e le interconnessioni dei fattori che hanno portato alla crisi.

### Bibliografia e sitografia

- [1] [Yahoo Finance](#). Sito per il download delle serie temporali delle azioni di borsa
- [2] [FRED](#), Federal Reserve Economic Data. Sito per il download delle serie temporali di PIL, tasso di occupazione e mutui.
- [3] [Wikipedia](#), per tutti i riferimenti aggiuntivi in blu.
- [4] [Codice python](#) e files utilizzati per l'analisi dati