

# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA



## FACOLTÀ DI SCIENZE STATISTICHE

Corso di Laurea Triennale in  
Statistica e Gestione delle Imprese

TESI DI LAUREA

### **“Ruolo del tasso d’interesse reale e dello spread nella politica monetaria dell’Euro Area”**

Relatore: Prof. Efrem Castelnuovo

Laureanda: Stefania Maschio  
Matricola: 599283

Anno accademico: 2010 - 2011



## INDICE

1. Introduzione	pag. 5
2. La politica monetaria dell'Euro area	pag. 9
3. I dati	pag. 13
4. Stima dei modelli	pag. 21
Modello 1	pag. 22
Modello 2	pag. 33
5. Sottocampione 2001:2 – 2008:3	pag. 41
Modello 1	pag. 41
Modello 2	pag. 43
6. Conclusioni	pag. 47
7. Appendice	pag. 49
8. Bibliografia	pag. 53



# **1. INTRODUZIONE**

La tesi ha origine dalla lettura dell'articolo "On money and output: Is money redundant?", tratto dal Journal of Monetary Economics e redatto da R. W. Hafer, Joseph H. Haslag, Garrett Jones. Questo documento analizza l'importanza degli aggregati monetari nella politica monetaria moderna in quanto, opinione diffusa negli ultimi tempi, è che tali aggregati possano essere ignorati nelle analisi macroeconomiche e nella formazione della politica monetaria.

## **Concetti fondamentali**

Innanzitutto, cos'è la moneta? La moneta è uno stock di beni che possono essere impiegati per effettuare transazioni, essa ha quindi tre funzioni: riserva di valore, in quanto permette di trasferire potere di acquisto dal presente al futuro; unità di conto, perché è il termine in cui si esprimono i prezzi; mezzo di scambio, utilizzato per pagare beni e servizi.

L'offerta di moneta è affidata alle banche centrali ed è composta da circolante, depositi a vista, ed altri strumenti finanziari che identificano aggregati monetari con diverso grado di liquidità.

Una delle più importanti teorie macroeconomiche è la teoria quantitativa della moneta: teoria secondo la quale la quantità di moneta disponibile nell'economia determina il livello dei prezzi e il tasso di crescita della quantità di moneta disponibile nell'economia  $\gamma_m$  determina il tasso di inflazione  $\pi$

$$\gamma_m = \pi$$

Quanto descritto sopra, è considerato plausibile solo nel lungo periodo. Nel breve periodo, infatti, la Banca Centrale, manipolando l'offerta di moneta e quindi il costo del denaro, può influenzare il ciclo economico e conseguentemente anche il livello di occupazione e reddito.

Inflazione, tasso d'interesse reale e tasso d'interesse nominale sono collegati tra loro attraverso l'equazione di Fisher:

$$i \approx r + \pi$$

Secondo tale equazione le variazioni del tasso d'interesse nominale  $i$  (tasso al quale si riferiscono normalmente le transazioni bancarie) tendono ad essere spiegate nel lungo periodo da variazioni del tasso d'interesse reale  $r$  e/o da variazioni del tasso di inflazione  $\pi$ .

Il tasso d'interesse nominale gioca un ruolo importante nella scelta degli individui di detenere moneta o allocarla in un deposito bancario. Esso indica il costo-opportunità che un agente sostiene nel momento in cui detiene moneta, rinunciando a depositarla in banca o ad investirla in titoli. La domanda e l'offerta di moneta sono legate al tasso d'interesse dal modello IS-LM secondo il quale esiste una correlazione inversa, non sempre lineare, fra offerta di moneta e tasso d'interesse: aumentando l'offerta di moneta, il tasso d'interesse scende in proporzione; viceversa, vendendo titoli per ridurre la base monetaria (offerta di moneta), i tassi aumentano.

In un'economia, perciò, la domanda ed offerta aggregata determinano il livello generale dei prezzi, la cui variazione nel tempo determina il tasso di inflazione il quale a sua volta determina il tasso d'interesse, che è uno degli elementi causanti la domanda di moneta ed è lo strumento utilizzato dalla BC per raggiungere i suoi obiettivi di politica monetaria.

La politica monetaria è, infatti, l'insieme degli strumenti utilizzati dalla Banca Centrale per modificare e orientare la moneta, con lo scopo di raggiungere determinati obiettivi di politica economica. Per raggiungere tali obiettivi, le banche centrali compiono operazioni di mercato aperto che, attraverso la compravendita di titoli, modificano i tassi d'interesse di breve periodo. A loro volta le modifiche sui tassi d'interesse influiscono sulla domanda e sull'offerta di moneta e credito e quindi anche sulla domanda e offerta di beni e servizi. Le modifiche dei tassi d'interesse a breve, influenzano inoltre i tassi a più lunga scadenza attraverso le aspettative degli investitori sull'andamento dei tassi futuri.

Esistono due tipi di politica monetaria, espansiva e restrittiva. La prima si attua riducendo i tassi di interesse, in modo da stimolare gli investimenti e la produzione di beni e di servizi. La seconda si attua, invece, attraverso l'aumento dei tassi di interesse, in modo da ridurre l'offerta di moneta e rendere meno conveniente investire e produrre con lo scopo di ridurre il tasso d'inflazione.

## Il documento di partenza

L'analisi degli autori del saggio prende spunto dalla situazione degli USA, dove la Federal Reserve fissa un tasso sui fondi federali per ottenere i suoi obiettivi di politica monetaria. Questo accade anche in molte altre Banche Centrali, le quali utilizzano il tasso d'interesse come strumento di politica. L'obiettivo degli autori è quello di determinare i ruoli del tasso d'interesse e della moneta nel prevedere i movimenti dell'output gap (indicatore economico che rappresenta la distanza presente tra PIL reale e PIL potenziale) per gli USA nel periodo post 1960.

Il modello preso come riferimento è quello stimato da Rudebusch e Svensson e descritto dalle tre seguenti equazioni:

1.  $y_{gt} = ay_{gt-1} + bE_t(y_{gt+1}) - c[R_t - E_t(p_{t+1})] + e_{1t}$
2.  $p_t = d(y_{gt}) + w_1p_{t-1} + w_2E_t(p_{t+1}) + e_{2t}$
3.  $R_t = r^* + E_t(p_{t+1}) + f y_{gt-1} + g(p_{t-1} - p^T)$

dove:  $y_{gt}$  è l'output gap,  $R$  è il tasso nominale d'interesse,  $p$  è il tasso di inflazione,  $r^*$  è il tasso reale d'interesse di equilibrio,  $p^T$  è il tasso di inflazione posto dalle banche,  $e_1$  e  $e_2$  sono gli shocks stocastici.

La prima equazione è una curva IS forward-looking: l'output gap dipende dal PIL futuro e dal tasso d'interesse reale, dunque la moneta non ha alcuna importanza. La seconda è simile alla curva di Philips, la quale ci permette di capire come l'autorità di politica monetaria affronta un trade-off quando interviene per combattere l'inflazione. In questo modello non si tiene conto della curva LM, che serve a determinare l'equilibrio nel mercato monetario, ma essa è sostituita dalla descrizione di come viene stabilito il tasso d'interesse di equilibrio (equazione 3).

Rudebusch e Svensson avevano già fornito una prima stima dell'equazione 1 per gli USA considerando il periodo 1961-1996:

$$y_{gt+1} = 1,161 y_{gt} - 0,259 y_{gt-1} - 0,088 (i - p_t)$$

L'output gap è misurato come differenza percentuale tra il PIL reale e quello potenziale,  $i$  è una media trimestrale del tasso dei fondi federali,  $p_t$  è il tasso d'inflazione trimestrale calcolato con l'indice concatenato pesato del PIL.

Hafer, Haslag e Jones effettuano numerose analisi, utilizzando i dati relativi agli Stati Uniti riferiti a diversi periodi di tempo. All'inizio utilizzano un modello che non considera gli aggregati monetari, come nella prima equazione, spiegando l'output gap in funzione dei suoi valori ritardati di due periodi e del tasso d'interesse reale ritardato di un periodo. Quest'ultimo risulta essere significativo e avere coefficiente negativo come nell'equazione stimata da Rudebusch e Svensson: esso ha un impatto significativo e negativo sull'output gap. Successivamente confrontano questo modello con un altro che include la moneta, determinando così quanto si perderebbe se non si considerasse questa variabile. La conclusione di questo articolo è che gli aggregati monetari sono importanti nel determinare le manovre di politica economica: escluderli dai modelli empirici non è senza conseguenze.

### **La mia analisi**

Nella mia analisi considererò i dati relativi all'Euro area, con l'obiettivo di stimare un modello simile a quello presente nel saggio. All'inizio stimerò un modello che spiega l'output gap in funzione solo del tasso d'interesse reale. Successivamente aggiungerò al modello stimato lo spread finanziario nel ruolo della moneta, calcolato come differenza tra tasso d'interesse di lungo periodo e quello di breve periodo e valuterò se esso risulta essere significativo per le decisioni di politica monetaria della Banca Centrale Europea. Come vedremo in seguito, i risultati ottenuti sono molto contrastanti.

Le variabili che considererò sono, quindi, oltre all'output gap, il tasso d'interesse di breve e di lungo periodo, il tasso di inflazione, il tasso di interesse reale e lo spread.



## **2. LA POLITICA MONETARIA DELL'EURO AREA**

L'Euro area è l'insieme degli stati membri dell'Unione Europea (UE) che adotta l'euro come valuta ufficiale. Essa è nata alla fine degli anni Novanta quando le banche centrali nazionali (BCN) di undici stati membri dell'Unione Europea hanno trasferito alla Banca Centrale Europea (BCE) le proprie competenze in materia di politica monetaria, rinunciando alla sovranità monetaria; attualmente è costituita da diciassette stati.

La BCE è stata istituita nel giugno 1998 insieme al Sistema Europeo di Banche Centrali (SEBC) e, dal 1° gennaio 1999, con l'entrata in circolazione dell'euro, è iniziata la conduzione della politica monetaria unica nell'area dell'euro sotto la sua responsabilità.

Le decisioni di politica monetaria vengono adottate dal Consiglio direttivo della BCE e consistono principalmente nella determinazione del livello dei tassi di interesse di riferimento. L'obiettivo primario di tale politica è il mantenimento della stabilità dei prezzi nella zona euro: la BCE influenza le condizioni del mercato monetario, e quindi i tassi di interesse a breve, per preservare nel modo migliore la stabilità dei prezzi a medio termine. Secondariamente, attraverso le politiche economiche, si cerca di realizzare un elevato livello di occupazione e una crescita sostenibile e non inflazionistica.

La strategia di politica monetaria della BCE si basa su due pilastri:

- l'analisi economica: considera le determinanti dell'evoluzione dei prezzi nel breve e nel medio periodo, incentrandosi sull'attività reale e sulle condizioni finanziarie dell'economia. La BCE analizza regolarmente gli sviluppi concernenti il prodotto, la domanda e il mercato del lavoro, vari indicatori dei prezzi e dei costi, la politica fiscale e la bilancia dei pagamenti per l'area dell'euro.
- l'analisi monetaria: costituisce un mezzo di riscontro per le informazioni fornite dall'analisi economica. La BCE valuta la crescita dell'aggregato monetario M3 e degli altri aggregati.

L'approccio fondato su questi due pilastri assicura che sia accordata la dovuta attenzione a diverse prospettive analitiche, così da giungere ad un giudizio

complessivo sui rischi per la stabilità dei prezzi. In questo modo, il rischio di compiere errori nella conduzione della politica monetaria si riduce.

### **Il processo di trasmissione della politica monetaria**

L'Eurosistema, avendo il monopolio della creazione di base monetaria, è in grado di influire in modo predominante sulle condizioni del mercato monetario e sui relativi tassi di interesse. Le variazioni di questi ultimi indotte dalla BCE attivano una serie di meccanismi e di reazioni da parte degli operatori che si ripercuoteranno sugli andamenti di variabili economiche quali il prodotto e i prezzi: è questo il processo di trasmissione della politica monetaria.

Questo processo ha inizio con le variazioni dei tassi del mercato monetario che la banca centrale può indurre attraverso il controllo operato sulle condizioni di tale mercato. Le variazioni dei tassi del mercato condizionano, in vario grado, gli altri rendimenti del mercato, ad esempio i tassi applicati dalle banche ai prestiti e ai depositi a breve termine. Eventuali attese di una futura modifica dei tassi di riferimento influiscono anche sui tassi a più lungo termine, poiché questi rispecchiano le aspettative sull'evoluzione dei tassi a breve.

Tramite l'impatto esercitato sia sulle condizioni di finanziamento nell'economia, sia sulle aspettative degli operatori, la politica monetaria può incidere anche su altre variabili finanziarie, come i prezzi delle attività e i tassi di cambio.

Le variazioni dei tassi di interesse e dei prezzi delle attività finanziarie si ripercuotono a loro volta sulle decisioni di risparmio, di spesa e di investimento delle famiglie e delle imprese, con relative conseguenze per il PIL. Ad esempio, in caso di incremento del tasso d'interesse, le famiglie avranno maggiore convenienza a risparmiare il reddito corrente, anziché spenderlo, in quanto tali risparmi frutteranno rendimenti più elevati.

Una modifica dei tassi di riferimento può incidere anche sull'offerta di credito. In caso di un loro aumento ad esempio, il rischio che alcuni mutuatari (famiglie o imprese) non siano più in grado di far fronte regolarmente ai propri impegni debitori potrebbe dissuadere le banche a concedere loro credito, obbligandoli a posticipare i piani di consumi o di investimento.

Le variazioni di consumi e investimenti, all'interno di un'area economica, oltre a modificare il PIL, modificano anche il rapporto tra il livello della domanda di beni

e servizi e quello dell'offerta. E, quando la domanda supera l'offerta, a parità di altre condizioni, emergono spinte al rialzo sui prezzi.

A causa degli sfasamenti temporali che caratterizzano il processo di trasmissione, una modifica apportata oggi alla politica monetaria influirà sul livello dei prezzi soltanto a distanza di mesi o di anni. Ciò implica che la Banca Centrale deve giudicare quale orientamento occorra adottare nel presente per preservare la stabilità dei prezzi nel futuro.



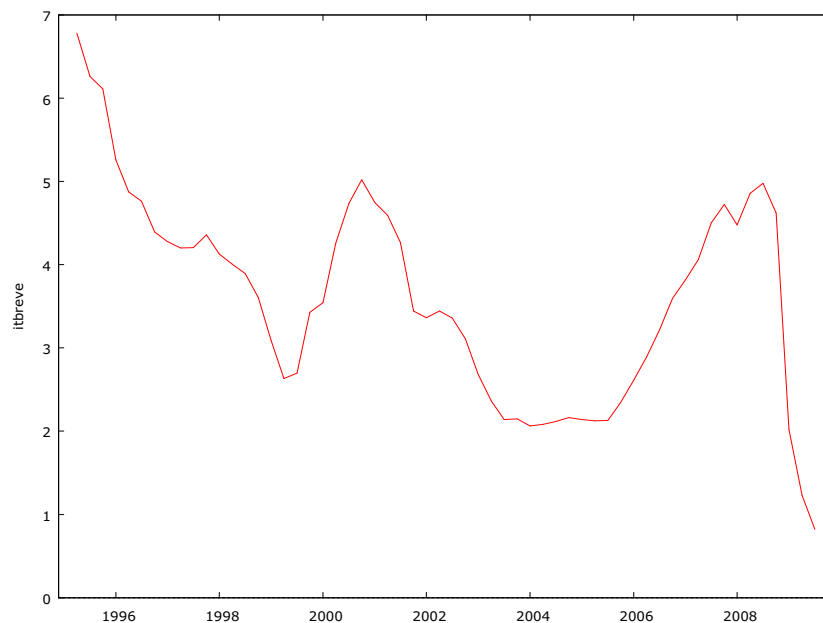
### **3. I DATI**

I dati utilizzati sono quelli dell'Euro area delle serie storiche trimestrali dell'output gap, del tasso di interesse di breve e di lungo periodo e dell'inflazione (fonte: OEDC Statistics Economic Outlook). Da queste serie ho poi calcolato quella del tasso d'interesse reale e dello spread, definito come differenza tra tasso d'interesse di lungo periodo e tasso d'interesse di breve periodo, a partire dal secondo trimestre del 1995, fino al terzo trimestre del 2009.

Di seguito presenterò brevemente le variabili utilizzate, analizzando per ciascuna l'andamento nel tempo e indicando le principali statistiche descrittive.

#### **Variabili utilizzate**

-  $i_t^B$ : indica il tasso d'interesse di breve periodo



*Grafico della serie storica del tasso d'interesse di breve periodo*

Il tasso d'interesse di breve periodo è diminuito fino a metà del 1999, anno in cui è entrato in circolazione l'euro ed è iniziata la conduzione della politica monetaria comune. Negli anni seguenti, è aumentato e diminuito ripetutamente fino al 2008, anno della Grande Recessione che, originatasi negli USA, ha poi

colpito quasi tutti i paesi industrializzati. Tale crisi è stata causata da molti fattori, tra i quali: gli alti prezzi delle materie prime, una crisi alimentare mondiale, un'elevata inflazione globale, la minaccia di una recessione in tutto il mondo, così come una crisi creditizia ed una conseguente crisi di fiducia dei mercati borsistici. Nel 2008 la BCE per affrontare tale situazione, ha attuato una politica monetaria espansiva, diminuendo i tassi d'interesse.

Statistiche descrittive, usando le osservazioni 1995:2 - 2009:3  
per la variabile itbreve (58 osservazioni valide)

Media	Mediana	Minimo	Massimo
3,61735	3,59908	0,820000	6,78193
Dev. Std.	Coeff. di variazione	Asimmetria	Curtosi
1,25525	0,347008	0,114645	-0,318830

-  $i_t^L$ : indica il tasso d'interesse di lungo periodo

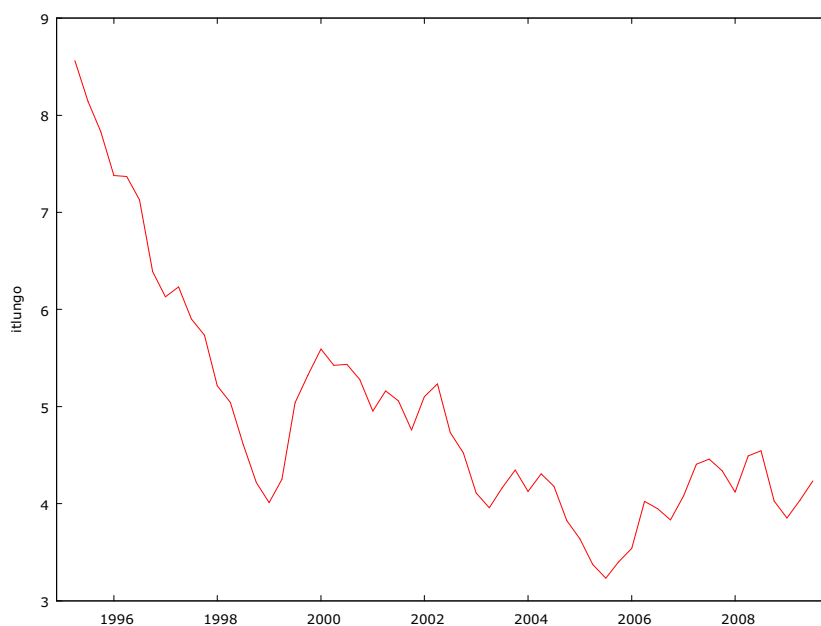


Grafico della serie storica del tasso d'interesse di lungo periodo

Il tasso d'interesse di lungo periodo nel 1995 era dell'8,56% e, come per quello di breve periodo, ha subito una decrescita fino all'anno di entrata in circolazione della moneta unica. Da quell'anno ha poi subito continui aumenti e diminuzioni. Questo andamento è dovuto al fatto che, come già detto in precedenza, gli effetti delle azioni di politica monetaria che modificano i tassi a breve, si

trasmettono successivamente ai tassi di lungo periodo, in base alle aspettative degli investitori sull'andamento dei tassi futuri. Se per esempio si prevede che un aumento dei tassi a breve sia il segnale di una politica monetaria restrittiva anche per il futuro, aspettandosi dunque un livello più elevato anche per i tassi a breve futuri, i tassi a lungo aumenteranno. Al contrario, se si prevede che una politica monetaria restrittiva permetta di raggiungere livelli di inflazione minori per il futuro, portando una riduzione dei tassi a breve futuri, i tassi a lungo termine tenderanno a diminuire.

Statistiche descrittive, usando le osservazioni 1995:2 - 2009:3  
per la variabile itlungo (58 osservazioni valide)

Media	Mediana	Minimo	Massimo
4,90257	4,50639	3,23172	8,56101
Dev. Std.	Coeff. di variazione	Asimmetria	Curtosi
1,21870	0,248585	1,27551	1,13005

- **infl**: indica il tasso d'inflazione, il quale è un indicatore (in termini percentuali) della variazione del livello generale dei prezzi e indica la variazione del potere d'acquisto della moneta.

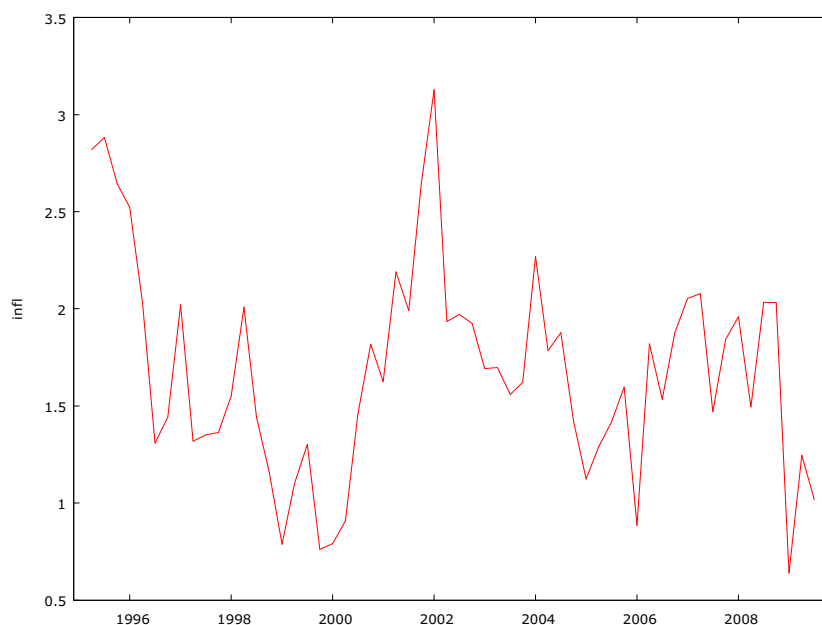


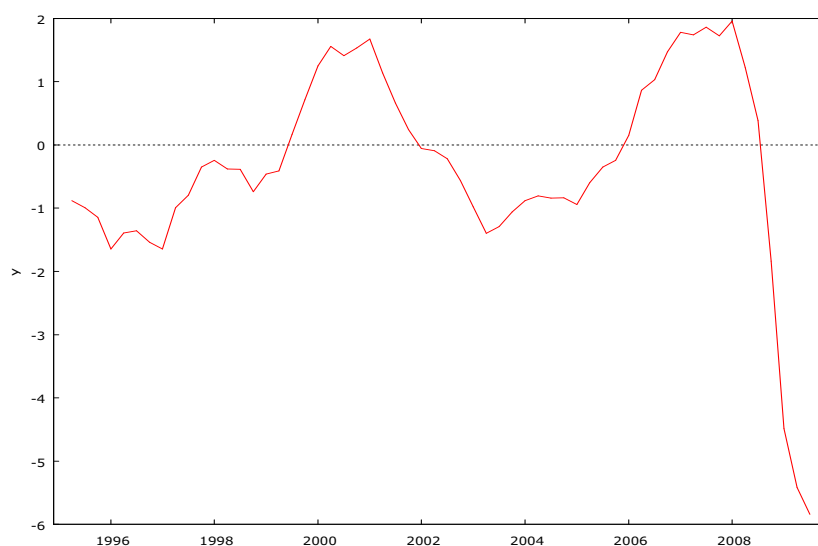
Grafico della serie storica del tasso d'inflazione

Nel periodo considerato, il tasso d'inflazione ha subito continui innalzamenti e riduzioni. Il valore più elevato del 3,12%, è stato assunto all'inizio del 2002 ma, in seguito ad una politica monetaria restrittiva, è diminuito per poi raggiungere al massimo il valore del 2,26%. L'obiettivo della BCE è appunto quello di mantenere la stabilità dei prezzi nella zona dell'euro.

Statistiche descrittive, usando le osservazioni 1995:2 - 2009:3  
per la variabile infl (58 osservazioni valide)

Media	Mediana	Minimo	Massimo
1,68163	1,62354	0,639655	3,12799
Dev. Std.	Coeff. di variazione	Asimmetria	Curtosi
0,545194	0,324205	0,417635	0,0788847

-  $y$ : indica l'output gap trimestrale (distanza presente tra PIL effettivo e PIL potenziale) espresso in valori percentuali: se l'output gap è positivo, l'economia è "surriscaldata", con l'inflazione in crescita e i conti con l'estero in peggioramento; se l'output gap è negativo, l'economia funziona ad un livello inferiore alla piena capacità produttiva, con l'inflazione in calo e i conti con l'estero in miglioramento. Quando l'economia è in recessione l'output gap tende a diminuire anche se potrebbe essere ancora positivo.



*Grafico della serie storica dell'output gap*

Come si può notare dal grafico riportato, l'output gap assume valori negativi (PIL potenziale maggiore del PIL effettivo) fino a dopo la metà del 1999, per poi



assumere valori positivi per circa due anni e tornare negativo fino alla fine del 2005. Successivamente, ha subito una crescita fino ad arrivare ad un picco del 2% nel 2008 per poi decrescere molto velocemente fino a -5,84% nel terzo trimestre del 2009.

La forte e veloce riduzione dell'output gap dopo il 2008 è legata alla Grande Recessione del 2008 – 2009: il termine recessione indica, appunto, una grande riduzione del PIL.

Statistiche descrittive, usando le osservazioni 1995:2 - 2009:3  
per la variabile y (58 osservazioni valide)

Media	Mediana	Minimo	Massimo
-0,337112	-0,382600	-5,84039	1,95585
Dev. Std.	Coeff. di variazione	Asimmetria	Curtosi
1,58882	4,71304	-1,25678	2,86101

- **itreale**: indica il tasso d'interesse reale, calcolato come differenza tra il tasso d'interesse nominale di breve periodo e il tasso d'inflazione.

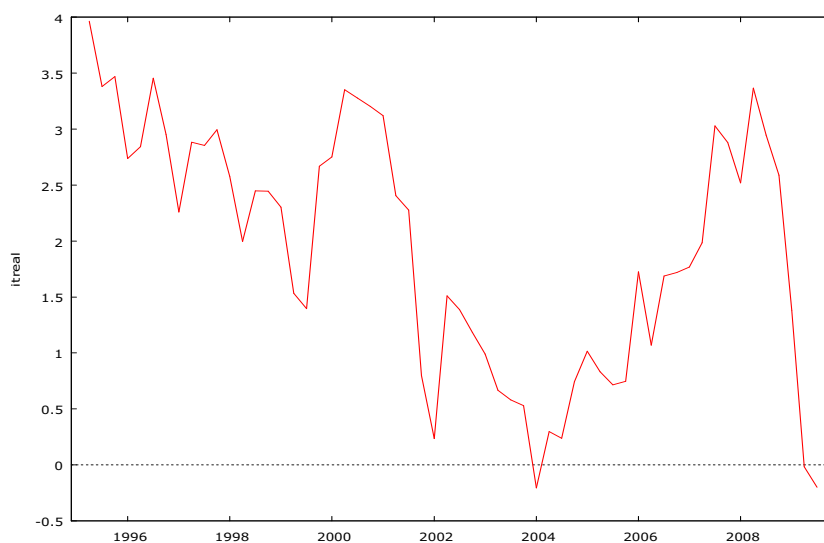


Grafico della serie storica del tasso d'interesse reale

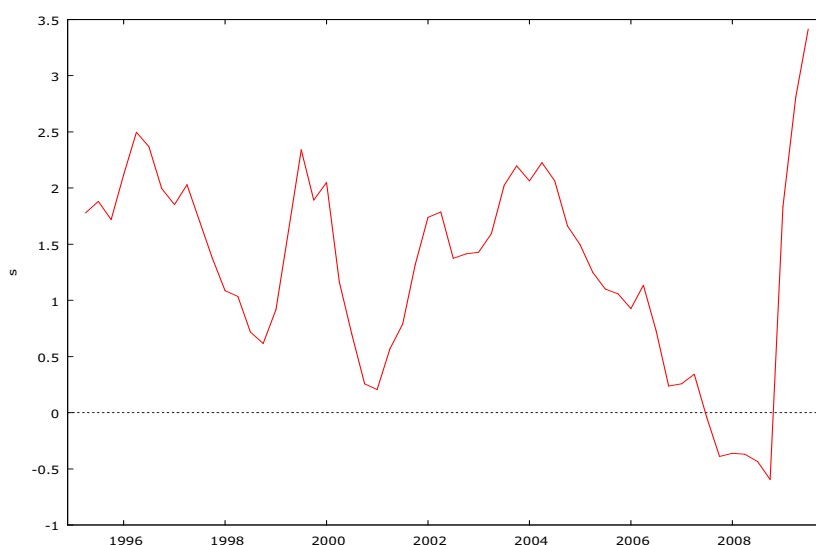
L'andamento del tasso d'interesse reale non è costante nel tempo: dal 1995 si nota una certa tendenza a diminuire, anche se sono lo stesso presenti periodi di crescita. Questa riduzione è dovuta alla diminuzione progressiva del tasso d'interesse nominale, mentre il tasso d'inflazione mantiene un andamento altalenante. Nel 2004 il tasso d'interesse reale diventa negativo, indicando che

il tasso d'inflazione è superiore al tasso d'interesse di breve periodo. Dal 2004 fino all'inizio del 2008 il tasso d'interesse reale cresce, per poi iniziare una drastica diminuzione dovuta alla recessione avvenuta in questi ultimi anni. La BCE per rialzare il PIL, attua una politica monetaria espansiva, in modo da stimolare gli investimenti e la produzione di beni e servizi: alla fine del 2009, infatti, il valore del tasso di interesse nominale è solamente dello 0,82%.

Statistiche descrittive, usando le osservazioni 1995:2 - 2009:3  
per la variabile itreal (58 osservazioni valide)

Media	Mediana	Minimo	Massimo
1,93572	2,12875	-0,205771	3,96294
Dev. Std.	Coeff. di variazione	Asimmetria	Curtosi
1,10694	0,571848	-0,248331	-1,09783

- **s**: indica lo spread, calcolato come differenza tra il tasso d'interesse di lungo periodo e quello di breve periodo.



*Grafico della serie storica dello spread*

L'andamento dello spread non è regolare, dal grafico si notano periodi di crescita seguiti da periodi di decrescita fino a raggiungere, alla fine del 2008, il valore di -0,59%. Successivamente si è registrato un veloce aumento fino al valore del 3,41% dell'ultimo trimestre 2009, periodo in cui il tasso di breve periodo assume valori minori dell'1% (a causa della recessione), mentre quello di lungo periodo tende ad aumentare fino al 4%.

Statistiche descrittive, usando le osservazioni 1995:2 - 2009:3  
per la variabile s (58 osservazioni valide)

Media	Mediana	Minimo	Massimo
1,28522	1,39481	-0,594396	3,41374
Dev. Std.	Coeff. di variazione	Asimmetria	Curtosi
0,875438	0,681157	-0,294186	-0,302068

Alle variabili itreal e s, nel corso della mia analisi, ho applicato una media mobile per dati di tipo trimestrale, ottenendo le variabili **itrealx** e **sx**.

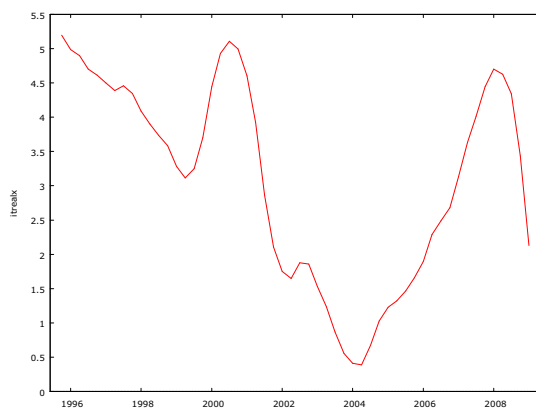


Grafico della serie storica di itrealx

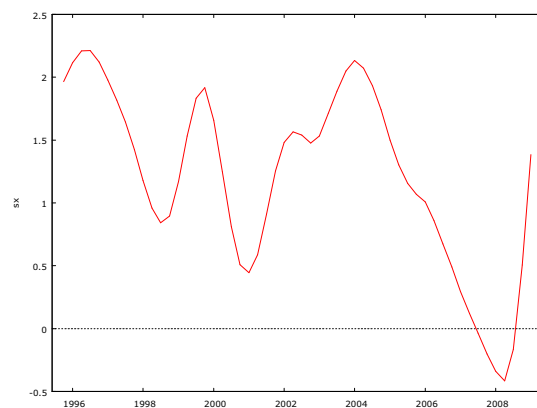


Grafico della serie storica di sx

I grafici delle variabili dopo l'applicazione delle medie mobili risultano più uniformi, senza continue crescite e decrescite: la volatilità delle serie si è ridotta. Si nota in particolare che itrealx, a differenza di itreal, non assume valori negativi.

Il periodo di tempo considerato nella mia analisi, dopo l'applicazione delle medie mobili si è ridotto e si estende dal quarto trimestre del 1995 al primo trimestre del 2009.



## **4. STIMA DEI MODELLI**

Le stime sono state ottenute mediante il software Gretl con il metodo dei Minimi Quadrati Ordinari (OLS). Ho inoltre aggiunto l'opzione per gli standard error HC0 di White, opzione che calcola standard error robusti rispetto all'eteroschedasticità.

Nell'analisi effettuata, ho aggiunto un disturbo stocastico  $\varepsilon_t$ , inteso come parte del processo generatore dei dati. Per essere tale devono essere soddisfatte tre condizioni:

1. i residui ( $\varepsilon_t$ ) devono avere valore atteso uguale a 0;
2. la varianza deve essere costante e positiva;
3. il disturbo è assunto normale e indipendentemente distribuito.

Nella scelta del modello migliore, in questa fase di stima, mi baserò su alcuni valori discriminanti:

- P-value del test T: viene utilizzato per effettuare test di ipotesi sulla singola stima per testare la significatività per il modello del coefficiente stimato.
- $R^2$  ed  $R^2$  corretto: corrispondo, rispettivamente, al coefficiente di determinazione multiplo e al coefficiente di determinazione multiplo corretto e sono due indici di bontà di adattamento del modello ai dati. L' $R^2$  assume valori compresi tra 0 e 1: se la variabilità della dipendente è completamente spiegata dal modello di regressione, l'indice assumerà valore pari a 1; al contrario, se il modello non riesce a spiegare in minima parte la variabilità della dipendente, l'indice assumerà valore pari a 0. Per valutare la capacità di adattamento ai dati tra modelli con un numero differente di variabili esplicative, è preferibile utilizzare l' $R^2$  corretto che tiene conto del numero di variabili indipendenti inserite nel modello.
- P-value del test F: il test F viene utilizzato per la significatività del modello nel suo complesso. Si confronta l'ipotesi nulla di uguaglianza di tutti i coefficienti (tranne l'intercetta) a 0, con l'ipotesi alternativa che prevede almeno un coefficiente diverso da 0.
- Criterio di Akaike e criterio di Schwarz: questi due criteri sono utilizzati per ovviare la sovrapparametrizzazione assegnando un "costo" all'introduzione di

ogni parametro addizionale. In particolare, è preferibile un modello con questi due valori minimi.

Ho inoltre utilizzato alcuni test per la verifica d'ipotesi:

- Test di White: ha come ipotesi nulla l'assenza di eteroschedasticità.
- Test di Chow: mediante questo test si verifica se esiste ed è significativa una data di rottura nei dati del modello.
- Test di Ljung-Box: per verificare l'ipotesi nulla di assenza di correlazione nei residui.
- Test CUSUM: per verificare l'ipotesi nulla di assenza di rotture strutturali nel modello.

## MODELLO 1

Il primo modello che stimerò è quello che spiega l'output gap in funzione dell'output gap ritardato di due periodi e del tasso d'interesse reale, il quale, in base alla teoria economica, dovrebbe essere significativo e presentare segno negativo.

### Modello campione completo

Ho stimato vari modelli che comprendevano il tasso d'interesse reale a ritardi diversi, e quello migliore che ho ottenuto è stato il seguente:

$$y_t = c + \alpha_1 \text{itreal}_{t-1} + \beta_1 y_{t-1} + \beta_2 y_{t-2} + \varepsilon_t$$

Modello 1: OLS, usando le osservazioni 1995:4-2009:3 (T = 56)

Variabile dipendente: y

Errori standard robusti rispetto all'eteroschedasticità, variante HC0

	<i>Coefficiente</i>	<i>Errore Std.</i>	<i>rapporto t</i>	<i>p-value</i>	
const	0,0928945	0,0729119	1,2741	0,20831	
itreal_1	-0,0696805	0,0387506	-1,7982	0,07795	*
y_1	1,72381	0,16883	10,2103	<0,00001	***
y_2	-0,819621	0,179538	-4,5652	0,00003	***

Media var. dipendente	-0,315689	SQM var. dipendente	1,613223
Somma quadr. residui	8,215758	E.S. della regressione	0,397486
R-quadro	0,942602	R-quadro corretto	0,939291
F(3, 52)	195,3212	P-value(F)	2,75e-28
Log-verosimiglianza	-25,72022	Criterio di Akaike	59,44044
Criterio di Schwarz	67,54185	Hannan-Quinn	62,58134
rho	-0,146016	Durbin-Watson	2,279912

Il tasso d'interesse reale è stato inserito ritardato di un periodo, come nel modello utilizzato da Hafer, Haslag e Jones. Esso risulta essere significativo solo al livello del 10%, ma presenta segno negativo, come previsto dalla teoria economica e come stimato nel documento di partenza, il quale, però, fa riferimento ai dati relativi agli Stati Uniti, mentre nella mia analisi utilizzo i dati dell'Euro Area. L'output gap contemporaneo risulta quindi avere una relazione inversa con il tasso d'interesse reale del periodo precedente.

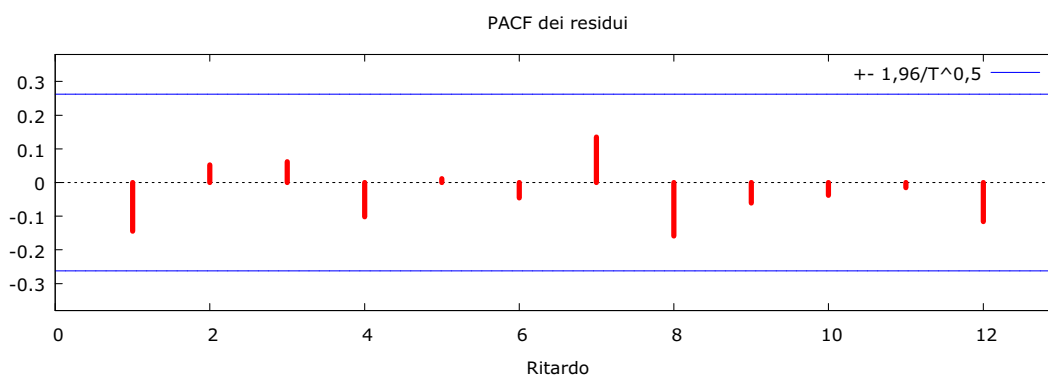
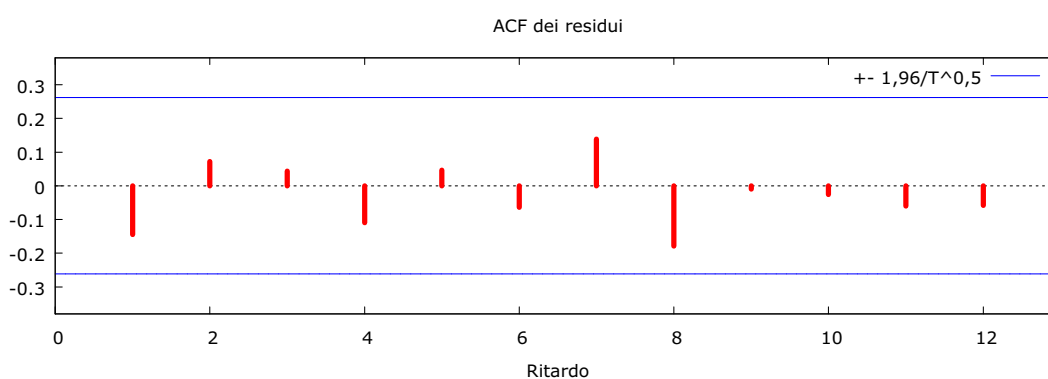
I ritardi della dipendente inseriti, necessari per evitare il problema dell'autocorrelazione dei residui e far sì che essi siano distribuiti come un white noise, sono significativi: l'output gap al periodo  $t$  è influenzato anche da quello dei due periodi precedenti.

Passando all'analisi dei coefficienti di determinazione multipla, risulta che il modello spiega ben il 93,9% della variabilità dei dati. Il p-value della statistica F, inoltre, ci porta a rifiutare l'ipotesi nulla di uguaglianza di tutti i coefficienti a zero.

Altro aspetto da considerare è la presenza o meno dell'autocorrelazione nei residui: essi sono incorrelati se presentano media pari a 0 e varianza costante. Nell'output di Gretl è presente la statistica di Durbin-Watson, un test per rilevare l'autocorrelazione dei residui: un valore della statistica pari a 2 indica assenza di autocorrelazione, un valore inferiore a 2 indica autocorrelazione positiva, mentre un valore maggiore di 2 indica autocorrelazione negativa. Tuttavia, questa statistica non è molto attendibile se nel modello è presente la variabile dipendente ritardata, perciò non la considererò e mi baserò sul correlogramma dei residui. Per affermare che non c'è autocorrelazione nei residui, le barre devono rientrare nelle fasce di Bartlett ( $\pm 1,96/\sqrt{n}$ ) ed il test di Ljung-Box (Q stat) deve portare all'accettazione dell'ipotesi nulla con bassi valori della statistica test e p-value superiori a 0,05.

## Funzione di autocorrelazione dei residui

LAG	ACF	PACF	Q-stat. [p-value]
1	-0,1446	-0,1446	1,2356 [0,266]
2	0,0718	0,0519	1,5455 [0,462]
3	0,0433	0,0621	1,6603 [0,646]
4	-0,1098	-0,1019	2,4134 [0,660]
5	0,0468	0,0114	2,5527 [0,769]
6	-0,0642	-0,0456	2,8202 [0,831]
7	0,1384	0,1350	4,0897 [0,769]
8	-0,1783	-0,1587	6,2419 [0,620]
9	-0,0095	-0,0610	6,2481 [0,715]
10	-0,0255	-0,0383	6,2940 [0,790]
11	-0,0599	-0,0150	6,5534 [0,834]
12	-0,0585	-0,1156	6,8064 [0,870]



Come si può vedere dal correlogramma e dalla statistica di Ljung-Box, i residui risultano incorrelati tra loro: nessuna barra esce dalle bande di confidenza e tutti i p-values risultano essere superiori a 0,05.

Altro fattore da verificare per i residui è l'omoschedasticità attraverso il test di White. L'output seguente porta a rifiutare l'ipotesi nulla di omoschedasticità al livello del 5%: per questo motivo ho utilizzato fin da subito standard error robusti di White.



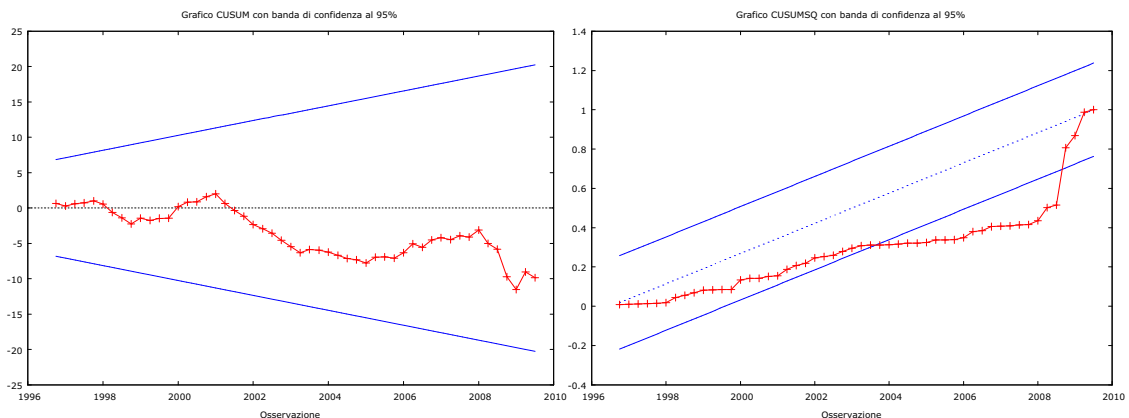
Test di White per l'eteroschedasticità  
 OLS, usando le osservazioni 1995:4-2009:3 (T = 56)  
 Statistica test:  $TR^2 = 21,048196$ ,  
 con p-value =  $P(\text{Chi-quadro}(9) > 21,048196) = 0,012438$

Come ulteriore analisi, considero il grafico dei valori stimati e di quelli osservati:



Da questo grafico si nota che le stime hanno un andamento abbastanza simile a quello dei valori osservati, solo un po' ritardato. Nell'ultimo periodo, nel quale l'output gap si riduce fortemente, l'andamento è lo stesso.

Per valutare la stabilità del modello nei parametri e in varianza e l'eventuale presenza di break strutturali, utilizzo infine i test CUSUM e CUSUMSQ, il primo basato sulla somma cumulata dei residui ricorsivi, il secondo sulla somma dei residui al quadrato.



Il primo grafico, relativo al test CUSUM, indica stabilità nei parametri, mentre il secondo grafico indica instabilità in varianza: i residui, infatti, escono dalle bande di confidenza nel quarto trimestre del 2003 per rientrarvi il terzo trimestre del 2008. Questi risultati portano a pensare che ci sia una rottura strutturale all'interno del campione utilizzato e che quindi questo non sia un buon modello per i dati analizzati.

Attraverso il test di Chow ho ricercato l'eventuale punto di rottura, che è risultato essere presente alla fine del 2008, come dimostra il seguente output:

```
Test Chow per break strutturale all'osservazione 2008:4
Chi-quadro(4) = 290218 con p-value 0,0000
Forma F: F(4, 48) = 72554,4 con p-value 0,0000
```

Le ultime osservazioni portano quindi instabilità nel modello: esse sono quelle relative alla crisi del 2008. In questo periodo, infatti, l'output gap è diminuito drasticamente, toccando il livello più basso di tutto il periodo considerato; anche il tasso d'interesse reale si è ridotto fortemente arrivando ad assumere valori negativi, in quanto la BCE ha adottato una politica monetaria espansiva, riducendo drasticamente il tasso d'interesse nominale a partire dalla fine del 2008.

In questi casi, si dovrebbe dividere il campione completo in due sottocampioni, in base al punto di rottura trovato e stimare il modello per entrambi. Nel caso in esame, le osservazioni del secondo sottocampione sono insufficienti per stimare un modello, perciò considererò solo il primo sottocampione che si estende dal 1995:2 al 2008:3. Osservando il grafico della serie storica dell'output gap, si nota che in corrispondenza del terzo trimestre del 2008 l'output gap inizia ad assumere valori anomali rispetto a quelli precedenti: gli ultimi dati sono quindi degli outliers.

### **Modello sottocampione 1995:2 – 2008:3**

Ho dunque stimato il modello precedente per il periodo 1995:2 – 2008:3, ma il tasso d'interesse reale è risultato significativo solo aggiungendo anche quello contemporaneo:

$$y_t = c + \alpha_0 \text{itreal}_t + \alpha_1 \text{itreal}_{t-1} + \beta_1 y_{t-1} + \beta_2 y_{t-2} + \varepsilon_t$$

Modello 2: OLS, usando le osservazioni 1995:4-2008:3 (T = 52)

Variabile dipendente: y

Errori standard robusti rispetto all'eteroschedasticità, variante HCO

	<i>Coefficiente</i>	<i>Errore Std.</i>	<i>rapporto t</i>	<i>p-value</i>	
const	0,0530181	0,069754	0,7601	0,45101	
itreal	0,109616	0,0802114	1,3666	0,17826	
itreal_1	-0,134467	0,0688839	-1,9521	0,05690	*
y_1	1,43156	0,122547	11,6817	<0,00001	***
y_2	-0,511305	0,112056	-4,5629	0,00004	***

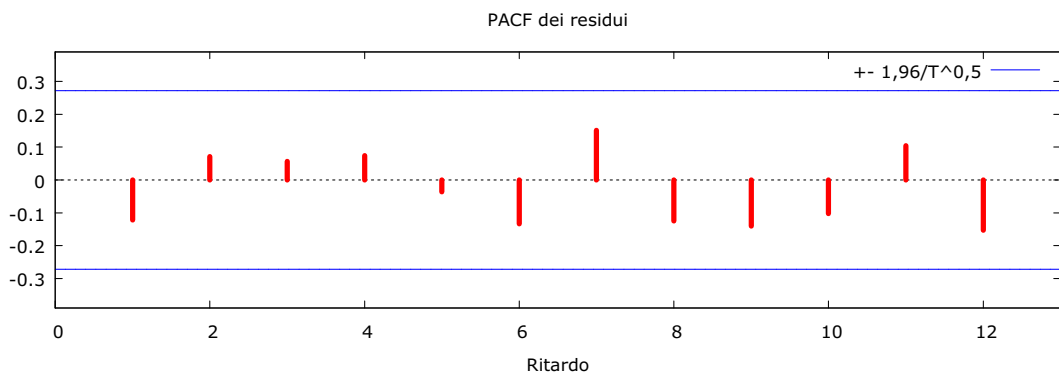
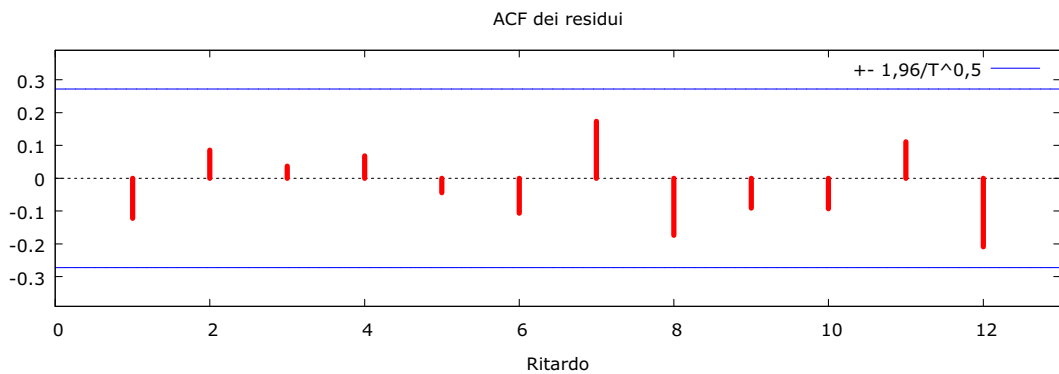
Media var. dipendente	-0,001869	SQM var. dipendente	1,100590
Somma quadr. residui	4,073726	E.S. della regressione	0,294406
R-quadro	0,934057	R-quadro corretto	0,928445
F(4, 47)	132,0205	P-value(F)	6,23e-25
Log-verosimiglianza	-7,570975	Criterio di Akaike	25,14195
Criterio di Schwarz	34,89817	Hannan-Quinn	28,88225
rho	-0,124661	Valore h di Durbin	-1,840008

Il tasso d'interesse reale contemporaneo non risulta essere significativo per spiegare l'output gap, mentre quello ritardato lo è solo al livello del 10% (si noti che il p-value è abbastanza vicino a 0,05). Da notare, inoltre, che la somma dei due coefficienti è negativa, quindi rispetta la teoria economica. L'output gap ritardato è sempre significativo anche se i coefficienti sono leggermente cambiati.

L'R<sup>2</sup> corretto indica un leggero peggioramento del modello, mentre i criteri di Akaike e di Schwarz risultano essere di molto inferiori rispetto a quelli del primo modello, indicando quindi un miglioramento. Il p-value della statistica F porta a rifiutare l'ipotesi nulla di uguaglianza di tutti i coefficienti (ad eccezione dell'intercetta) a zero.

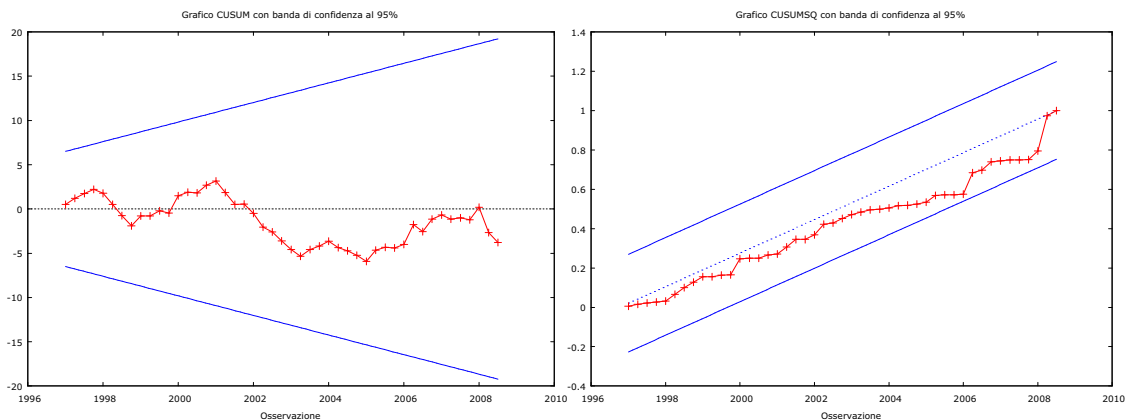
Passando all'analisi dei residui, essi risultano incorrelati e omoschedastici.

Test di White per l'eteroschedasticità  
 OLS, usando le osservazioni 1995:4-2008:3 (T = 52)  
 Statistica test: TR<sup>2</sup> = 10,570893,  
 con p-value = P(Chi-quadro(14) > 10,570893) = 0,719368



Anche in questo caso i valori stimati tendono ad avere un andamento simile a quello dei valori osservati, ma ritardato.

I test CUSUM e CUSUMSQ mostrano stabilità del modello sia nei parametri che in varianza.



In conclusione, questo modello si adatta bene ai dati del sottocampione, anche se il tasso d'interesse reale non risulta essere molto significativo, a differenza dei risultati ottenuti da Hafer, Haslag e Jones. Esso presenta comunque segno negativo, come previsto dalla teoria.

Ho deciso successivamente di applicare una media mobile alla variabile itreal e ristimare i modelli precedenti e vedere così se il tasso d'interesse reale risulta essere più significativo.

## MEDIE MOBILI

### Modello campione completo

Dopo l'applicazione della media mobile, affinché il tasso d'interesse reale risultasse significativo, ho dovuto inserire quello contemporaneo ed il primo ritardo. Ho quindi stimato il seguente modello:

$$y_t = c + \alpha_0 \text{itreal}_t + \alpha_1 \text{itreal}_{t-1} + \beta_1 y_{t-1} + \beta_2 y_{t-2} + \varepsilon_t$$

Modello 3: OLS, usando le osservazioni 1996:1-2009:1 (T = 53)

Variabile dipendente: y

Errori standard robusti rispetto all'eteroschedasticità, variante HC0

	<i>Coefficiente</i>	<i>Errore Std.</i>	<i>rapporto t</i>	<i>p-value</i>	
const	-0,0153556	0,094976	-0,1617	0,87224	
itrealx	0,789757	0,312561	2,5267	0,01486	**
itrealx_1	-0,795865	0,301354	-2,6410	0,01112	**
y_1	1,59432	0,185872	8,5775	<0,00001	***
y_2	-0,703222	0,169699	-4,1439	0,00014	***

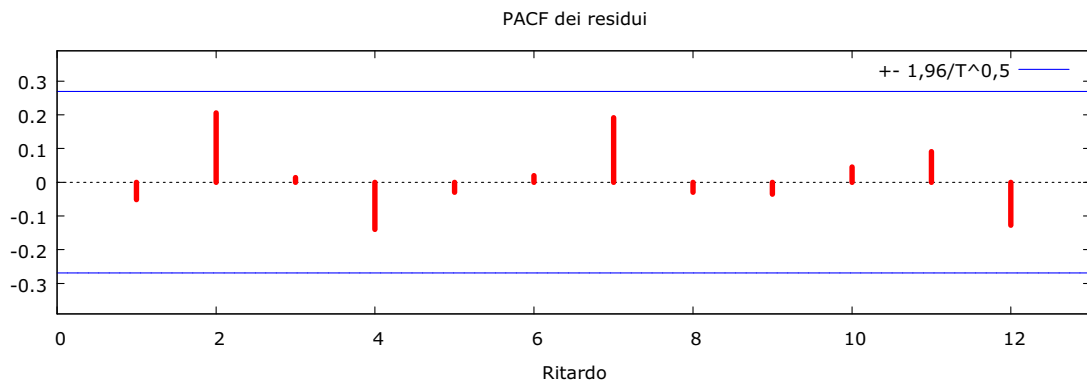
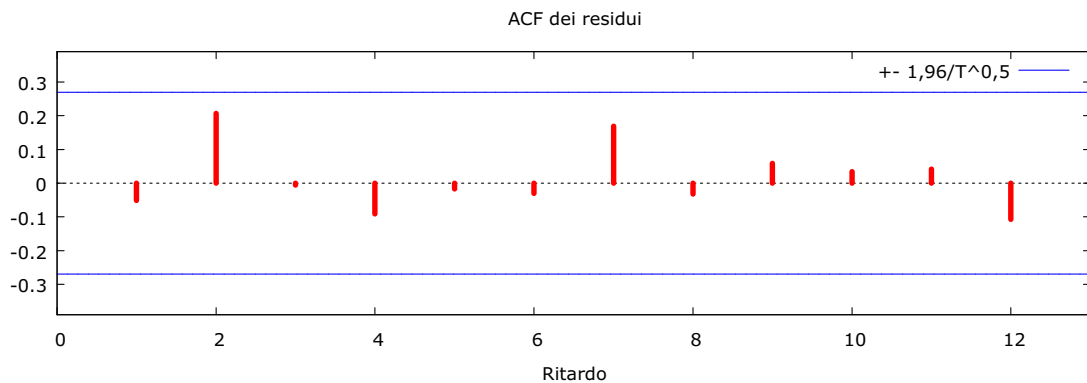
Media var. dipendente	-0,099575	SQM var. dipendente	1,266808
Somma quadr. residui	6,380733	E.S. della regressione	0,364598
R-quadro	0,923538	R-quadro corretto	0,917166
F(4, 48)	155,2318	P-value(F)	8,08e-27
Log-verosimiglianza	-19,10301	Criterio di Akaike	48,20601
Criterio di Schwarz	58,05747	Hannan-Quinn	51,99441
rho	-0,054571	Durbin-Watson	2,021757

Il tasso d'interesse reale risulta significativo a entrambi i ritardi e la somma dei due coefficienti è, anche se di poco, negativa.

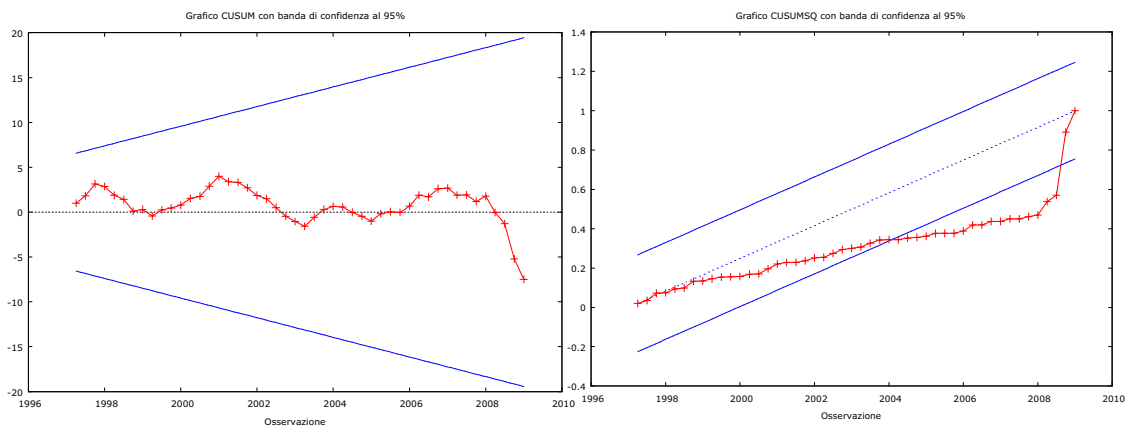
L'R<sup>2</sup> corretto è inferiore rispetto a quello del modello senza media mobile, ma rimane in ogni caso elevato, mentre i criteri di Akaike e di Schwarz assumono valori minori.

Per quanto riguarda i residui, essi sono incorrelati, ma non omoschedastici.

Test di White per l'eteroschedasticità  
OLS, usando le osservazioni 1996:1-2009:1 (T = 53)  
Statistica test:  $TR^2 = 30,009454$ ,  
con p-value =  $P(\text{Chi-quadro}(14) > 30,009454) = 0,007609$



I grafici dei test CUSUM e CUSUMSQ indicano stabilità del modello nei parametri, ma instabilità in varianza.



Il punto di rottura, come per il primo modello, coincide con il 2008:4:

Test Chow per break strutturale all'osservazione 2008:3

Chi-quadro(3) = 525,384 con p-value 0,0000

Forma F: F(3, 45) = 175,128 con p-value 0,0000

Il modello risulta essere buono, ma i residui sono eteroschedastici e il modello è instabile in varianza: in questo caso ho stimato il modello per il sottocampione 1995:4 – 2008:3, poiché, in seguito all'applicazione della media mobile, la prima osservazione disponibile per il tasso d'interesse reale è quella del 1995:4.

### **Modello sottocampione 1995:4 – 2008:3**

$$y_t = c + \alpha_0 \text{itrealx}_t + \alpha_1 \text{itrealx}_{t-1} + \beta_1 y_{t-1} + \beta_2 y_{t-2} + \varepsilon_t$$

Modello 4: OLS, usando le osservazioni 1996:1-2008:3 (T = 51)

Variabile dipendente: y

Errori standard robusti rispetto all'eteroschedasticità, variante HCO

	<i>Coefficiente</i>	<i>Errore Std.</i>	<i>rapporto t</i>	<i>p-value</i>	
const	0,00248443	0,0806619	0,0308	0,97556	
itrealx	0,673209	0,182113	3,6967	0,00058	***
itrealx_1	-0,66271	0,178778	-3,7069	0,00056	***
y_1	1,20688	0,141371	8,5370	<0,00001	***
y_2	-0,307679	0,12818	-2,4004	0,02048	**

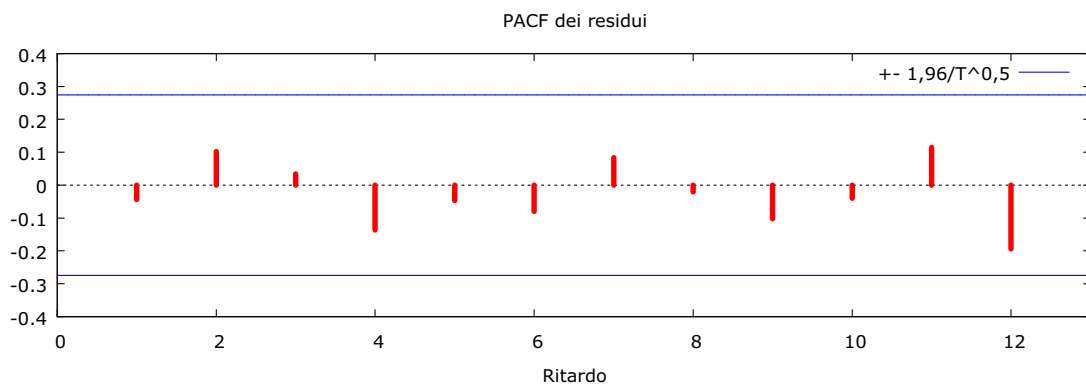
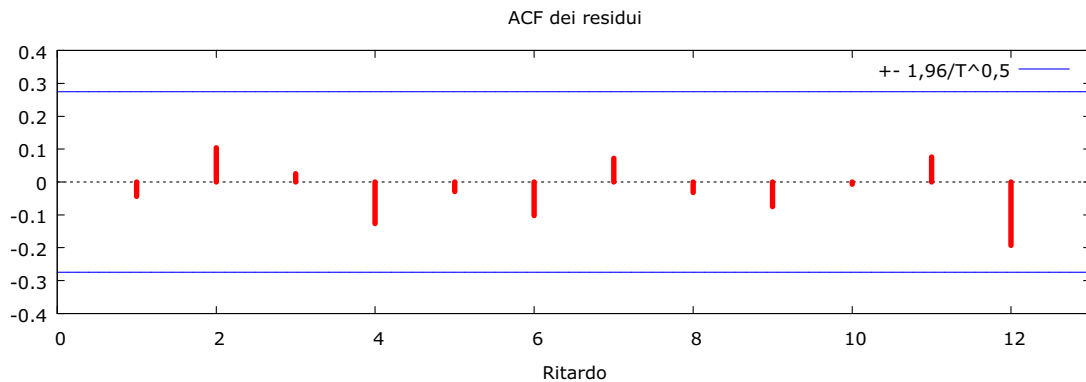
Media var. dipendente	0,020565	SQM var. dipendente	1,099468
Somma quadr. residui	3,637230	E.S. della regressione	0,281194
R-quadro	0,939822	R-quadro corretto	0,934589
F(4, 46)	198,7405	P-value(F)	2,14e-28
Log-verosimiglianza	-5,030482	Criterio di Akaike	20,06096
Criterio di Schwarz	29,72009	Hannan-Quinn	23,75200
rho	-0,046221	Valore h di Durbin	-12,30546

Il tasso d'interesse reale risulta essere molto significativo a entrambi i ritardi, ma la somma dei due coefficienti è positiva, e questo non rispetta la teoria economica.

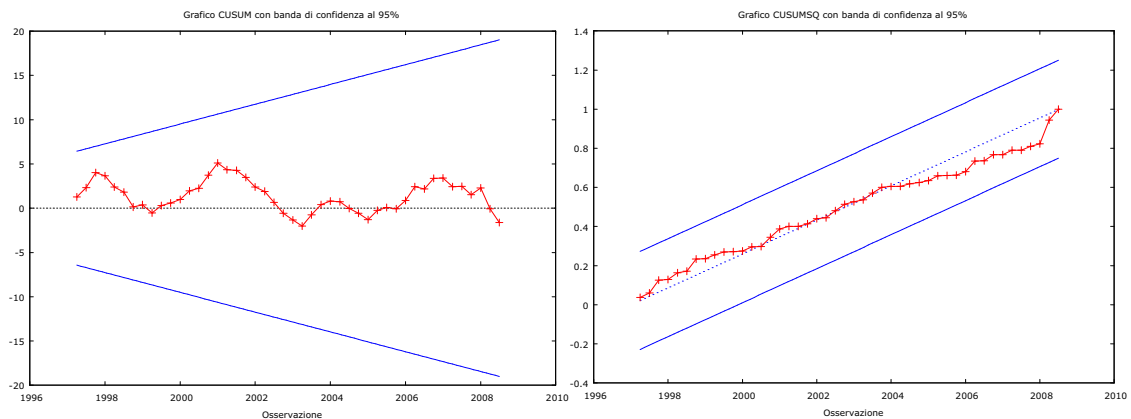
Le successive analisi, però, danno buoni risultati: l'R<sup>2</sup> corretto indica che il modello spiega il 93,5% della variabilità dei dati e i criteri di Akaike e di Schwarz assumono valori inferiori a quelli dei due modelli precedenti.

Per quanto riguarda i residui, essi risultano essere incorrelati e omoschedastici al livello del 5%: essi sono dunque white noise.

Test di White per l'eteroschedasticità  
OLS, usando le osservazioni 1996:1-2008:3 (T = 51)  
Statistica test:  $TR^2 = 22,825531$ ,  
con p-value =  $P(\text{Chi-quadro}(14) > 22,825531) = 0,063169$



Passando ai test CUSUM e CUSUMSQ si può infine notare stabilità del modello nei parametri e in varianza.





Questo modello risulta quindi essere un buon modello, per quanto riguarda la significatività dei coefficienti, per i criteri di scelta che ho utilizzato, per l'analisi dei residui e per la stabilità, ma non è molto utile per la mia analisi, in quanto non rispetta la teoria economica: il coefficiente del tasso d'interesse reale non ha segno negativo.

## MODELLO 2

Il secondo modello che andrò a stimare è quello che considera anche lo spread finanziario e valuterò se quest'ultimo è significativo nello spiegare l'andamento dell'output gap.

Ho aggiunto lo spread ai modelli stimati precedentemente e ho ottenuto i seguenti risultati.

### Modello campione completo

Lo spread è risultato essere significativo solo se inserito con tre ritardi:

$$y_t = c + \alpha_1 \text{itreal}_{t-1} + \beta_1 y_{t-1} + \beta_2 y_{t-2} + \gamma_1 s_{t-1} + \gamma_2 s_{t-2} + \gamma_3 s_{t-3} + \varepsilon_t$$

Modello 5: OLS, usando le osservazioni 1996:1-2009:3 (T = 55)

Variabile dipendente: y

Errori standard robusti rispetto all'eteroschedasticità, variante HC0

	<i>Coefficiente</i>	<i>Errore Std.</i>	<i>rapporto t</i>	<i>p-value</i>	
const	-0,215861	0,180315	-1,1971	0,23714	
itreal_1	-0,0499018	0,0423342	-1,1788	0,24430	
s_1	0,417331	0,162141	2,5739	0,01320	**
s_2	-0,406479	0,178527	-2,2768	0,02729	**
s_3	0,218087	0,106354	2,0506	0,04579	**
y_1	1,70369	0,125141	13,6142	<0,00001	***
y_2	-0,693696	0,140718	-4,9297	0,00001	***

Media var. dipendente	-0,300593	SQM var. dipendente	1,624095
Somma quadr. residui	6,972472	E.S. della regressione	0,381130
R-quadro	0,951048	R-quadro corretto	0,944929
F(6, 48)	220,9485	P-value(F)	3,33e-33

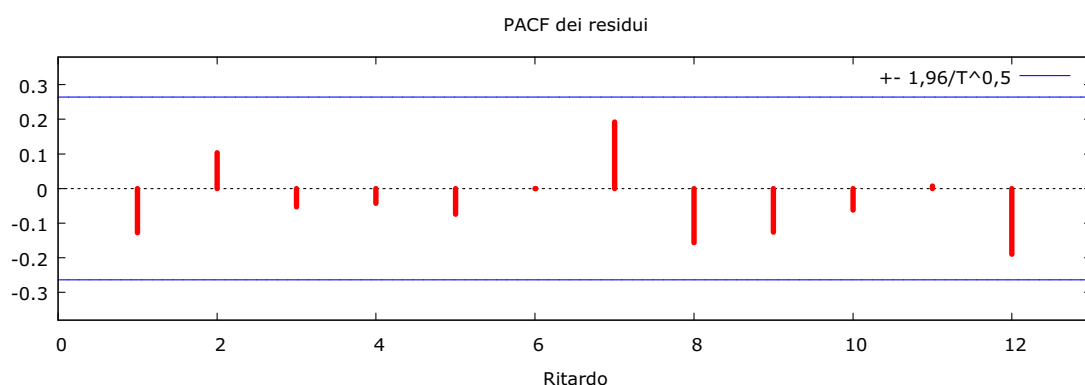
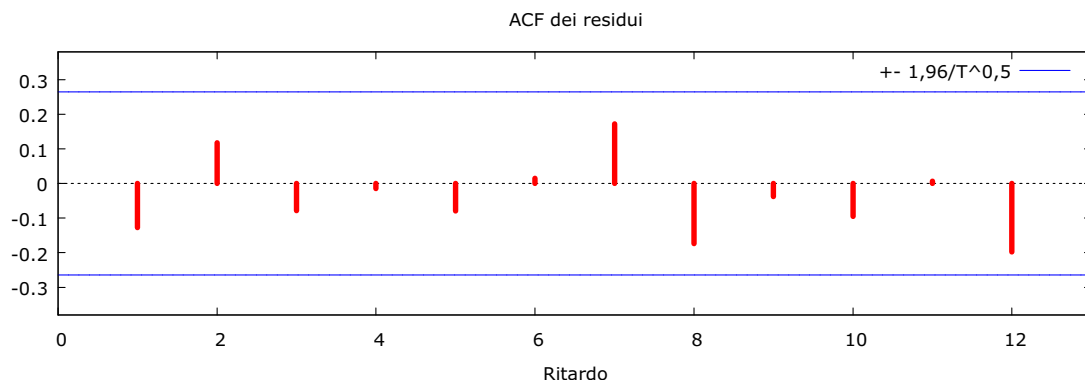
Log-verosimiglianza	-21,24413	Criterio di Akaike	56,48825
Criterio di Schwarz	70,53958	Hannan-Quinn	61,92202
rho	-0,128481	Valore h di Durbin	-2,403177

Lo spread risulta essere significativo a tutti i ritardi inseriti, ma la somma dei coefficienti risulta essere positiva e non negativa. Il tasso d'interesse reale, inoltre, non è più significativo dopo l'inserimento dello spread. I due ritardi della dipendente sono ancora molto significativi e quindi l'output gap è spiegato dai suoi ritardi e dallo spread dei tre periodi precedenti con il quale, però, risulta avere una relazione diretta.

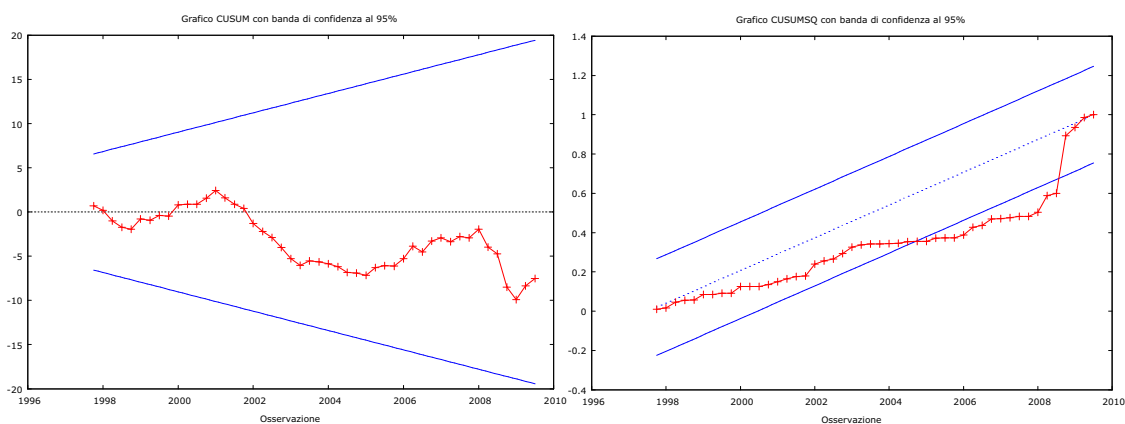
L' $R^2$  corretto è pari a 0,944 ed è maggiore rispetto a quello del relativo modello senza spread, mentre i criteri di Akaike e Schwarz assumo valori maggiori. Il test F porta di nuovo a rifiutare l'ipotesi di uguaglianza dei coefficienti a zero, preferendo così il modello completo a quello con la sola intercetta.

L'analisi dei residui mostra che essi sono incorrelati e porta a non rifiutare l'ipotesi nulla di omoschedasticità: essi sono dunque white noise.

Test di White per l'eteroschedasticità  
 OLS, usando le osservazioni 1996:1-2009:3 (T = 55)  
 Statistica test:  $TR^2 = 36,749788$ ,  
 con p-value =  $P(\text{Chi-quadro}(27) > 36,749788) = 0,099833$



I grafici dei test CUSUM e CUSUMSQ evidenziano, come negli altri modelli con campione completo, stabilità del modello nei parametri e instabilità in varianza: la linea dei residui esce dalle bande di confidenza il quarto trimestre del 2004 per poi rientrarvi il quarto trimestre del 2008.



Attraverso il test di Chow calcolo il punto di rottura che risulta essere il quarto trimestre del 2008: le ultime osservazione relative alla crisi, rendono anche in questo caso il modello instabile.

Test Chow per break strutturale all'osservazione 2008:4  
 Chi-quadro(4) = 165,804 con p-value 0,0000  
 Forma F: F(4, 44) = 41,451 con p-value 0,0000

Passo quindi alla stima del modello per il sottocampione che non tiene conto delle osservazioni relative alla crisi.

### **Modello sottocampione 1995:2 – 2008:3**

Ho stimato diversi modelli che includevano il tasso d'interesse reale e vari ritardi dello spread, ma quest'ultimo è risultato essere sempre non significativo nello spiegare l'output gap. In molti casi, inoltre, anche il tasso d'interesse reale perdeva la sua significatività (vedi Appendice). Non ho quindi trovato nessun modello soddisfacente ai fini della mia analisi. Da questo posso dedurre che lo spread influenza l'output gap in particolare nei momenti di recessione, durante i quali la BCE utilizza fortemente i tassi d'interesse per stabilizzare l'economia.

Osservando la serie storica dello spread si vede come esso dopo il 2008 subisca una crescita continua, mentre prima era caratterizzato da continue crescite e decrescite.

## MEDIE MOBILI

### Modello campione completo

Dopo l'applicazione delle medie mobili, lo spread è risultato significativo solo se inserito con quattro ritardi:

$$y_t = c + \alpha_0 \text{itrealx}_t + \alpha_1 \text{itrealx}_{t-1} + \beta_1 y_{t-1} + \beta_2 y_{t-2} + \gamma_1 \text{SX}_{t-1} + \gamma_2 \text{SX}_{t-2} + \gamma_3 \text{SX}_{t-3} + \gamma_4 \text{SX}_{t-4} + \varepsilon_t$$

Modello 6: OLS, usando le osservazioni 1996:4-2009:1 (T = 50)

Variabile dipendente: y

Errori standard robusti rispetto all'eteroschedasticità, variante HCO

	<i>Coefficiente</i>	<i>Errore Std.</i>	<i>rapporto t</i>	<i>p-value</i>	
const	-0,798505	0,205276	-3,8899	0,00036	***
itrealx	1,09509	0,266392	4,1108	0,00018	***
itrealx_1	-1,08805	0,254235	-4,2797	0,00011	***
sx_1	-1,33418	0,694994	-1,9197	0,06187	*
sx_2	5,75378	1,60247	3,5906	0,00087	***
sx_3	-7,48317	1,51909	-4,9261	0,00001	***
sx_4	3,65857	0,628181	5,8241	<0,00001	***
y_1	1,30473	0,184735	7,0627	<0,00001	***
y_2	-0,184303	0,184937	-0,9966	0,32482	

Media var. dipendente	-0,017670	SQM var. dipendente	1,257421
Somma quadr. residui	3,708556	E.S. della regressione	0,300753
R-quadro	0,952132	R-quadro corretto	0,942792
F(8, 41)	110,1536	P-value(F)	3,19e-25
Log-verosimiglianza	-5,912415	Criterio di Akaike	29,82483
Criterio di Schwarz	47,03304	Hannan-Quinn	36,37781
rho	-0,091550	Durbin-Watson	2,052841

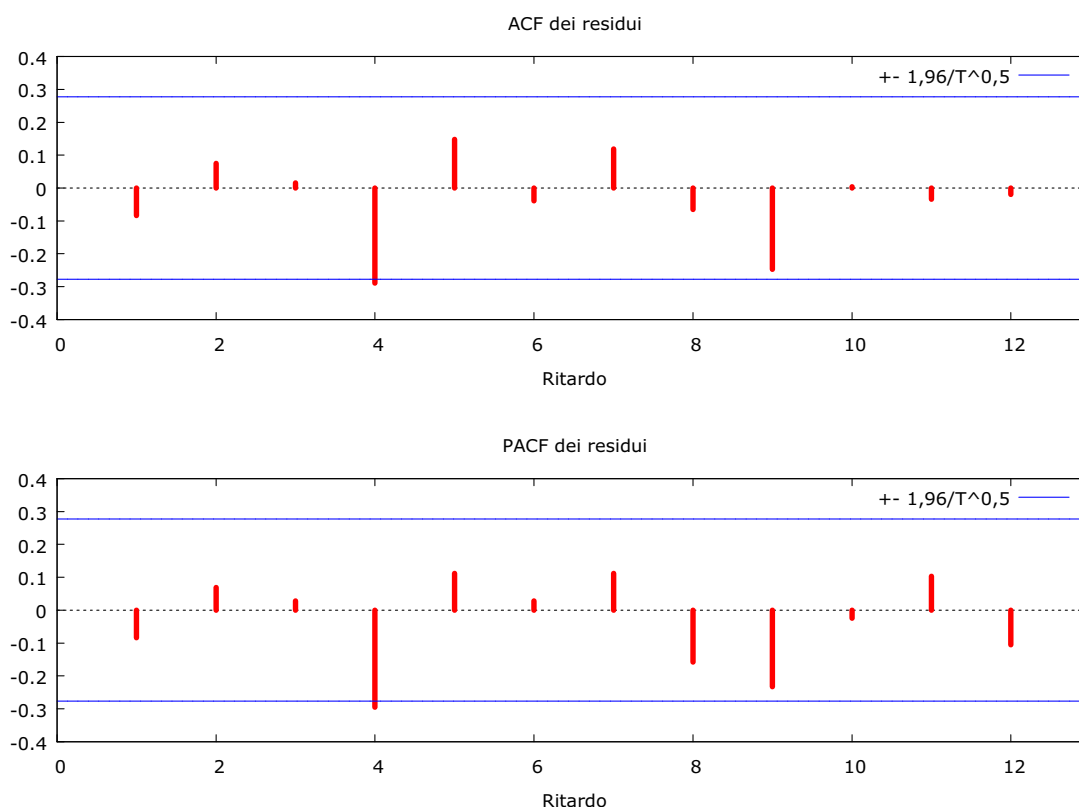
I coefficienti del tasso d'interesse reale sono entrambi significativi, ma la loro somma è positiva. Tutti i ritardi dello spread inseriti sono significativi e anche la loro somma è positiva, non coerentemente con la teoria economica.

Come nel modello presentato nel documento di partenza, le due variabili d'interesse risultano significative, ma la loro relazione con l'output gap è diversa. Proseguo con l'analisi di questo modello per verificarne la bontà.

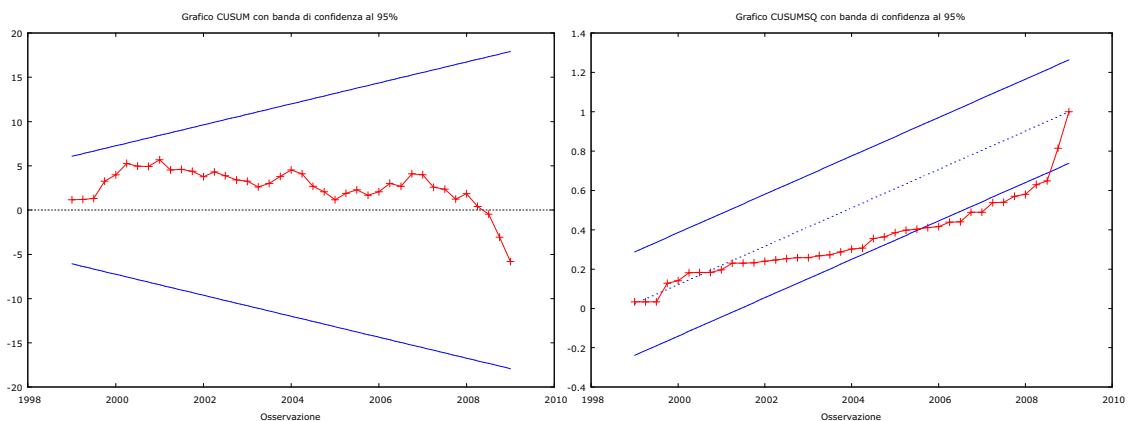
L' $R^2$  corretto è sempre elevato, il test F porta a rifiutare il modello ridotto con sola intercetta, i criteri di Akaike e di Schwarz assumono valori inferiori a quelli del modello 5, preferendo quindi il modello con le medie mobili.

Dal correlogramma dei residui, si nota che il quarto ritardo esce dalle bande di confidenza, mentre dal test di White si può chiaramente non rifiutare l'ipotesi di omoschedasticità dei residui: essi sono quindi white noise.

Test di White per l'eteroschedasticità  
OLS, usando le osservazioni 1996:4-2009:1 (T = 50)  
Statistica test:  $TR^2 = 48,743558$ ,  
con p-value =  $P(\text{Chi-quadro}(44) > 48,743558) = 0,288052$



I grafici dei test CUSUM e CUSUMSQ indicano stabilità nei parametri e instabilità in varianza, come in tutti i modelli con campione completo, ma l'instabilità è minore rispetto a quella degli altri modelli.



Attraverso il test di Chow risulta che il punto di rottura si trova in corrispondenza del quarto trimestre del 2008, come trovato in precedenza.

Test Chow per break strutturale all'osservazione 2008:4  
 Chi-quadro(2) = 49,2463 con p-value 0,0000  
 Forma F: F(2, 39) = 24,6232 con p-value 0,0000

### **Modello sottocampione 1995:4 – 2008:3**

Lo spread è significativo se aggiunto con tre ritardi:

$$y_t = c + \alpha_0 \text{itrealx}_t + \alpha_1 \text{itrealx}_{t-1} + \beta_1 y_{t-1} + \beta_2 y_{t-2} + \gamma_1 \text{sx}_{t-1} + \gamma_2 \text{sx}_{t-2} + \gamma_3 \text{sx}_{t-3} + \varepsilon_t$$

Modello 7: OLS, usando le osservazioni 1996:3-2008:3 (T = 49)

Variabile dipendente: y

Errori standard robusti rispetto all'eteroschedasticità, variante HCO

	<i>Coefficiente</i>	<i>Errore Std.</i>	<i>rapporto t</i>	<i>p-value</i>	
const	-0,338806	0,234936	-1,4421	0,15686	
itrealx	1,07803	0,255729	4,2155	0,00013	***
itrealx_1	-1,02984	0,245501	-4,1948	0,00014	***
sx_1	1,53227	0,676969	2,2634	0,02897	**
sx_2	-2,64571	1,17964	-2,2428	0,03038	**
sx_3	1,3474	0,650511	2,0713	0,04466	**
y_1	1,18004	0,156211	7,5541	<0,00001	***
y_2	-0,198345	0,158928	-1,2480	0,21911	

Media var. dipendente	0,083401	SQM var. dipendente	1,075058
Somma quadr. residui	2,971084	E.S. della regressione	0,269194
R-quadro	0,946444	R-quadro corretto	0,937300
F(7, 41)	129,4951	P-value(F)	6,97e-26
Log-verosimiglianza	-0,857098	Criterio di Akaike	17,71420
Criterio di Schwarz	32,84876	Hannan-Quinn	23,45623
rho	-0,147019	Durbin-Watson	2,254220

Il tasso d'interesse reale è significativo ad entrambi i ritardi, ma la somma dei suoi coefficienti è positiva. Anche i ritardi dello spread sono significativi, a differenza del modello senza media mobile, ma anch'essi con somma positiva, diversamente dalla teoria economica.

L' $R^2$  corretto è inferiore rispetto a tutti gli altri modelli, ma rimane elevato e il test F porta ad affermare che questo modello è preferibile a quello con la sola intercetta.

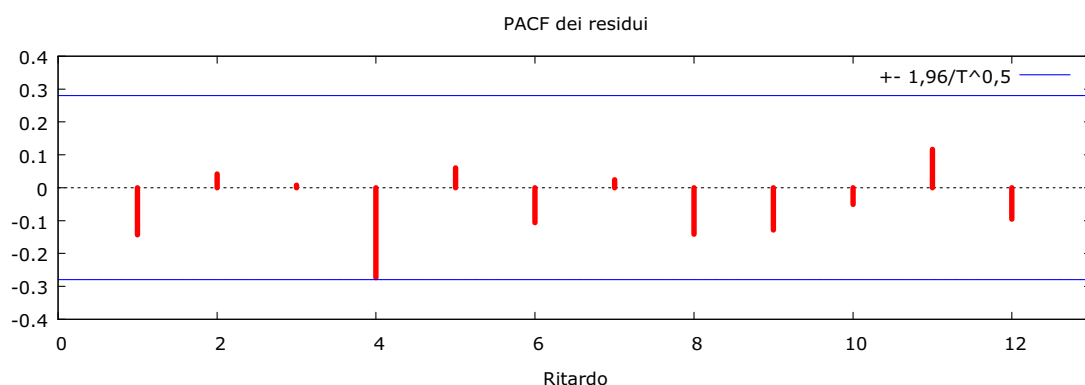
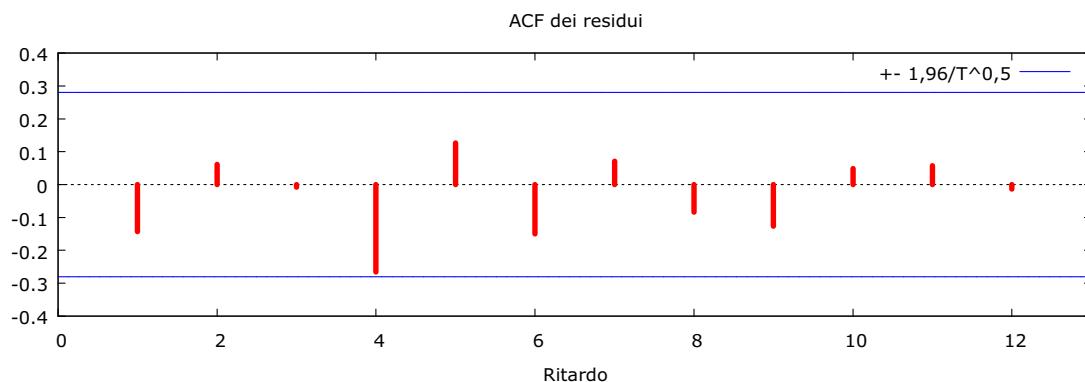
L'analisi dei residui mostra che essi sono incorrelati e omoschedastici.

Test di White per l'eteroschedasticità

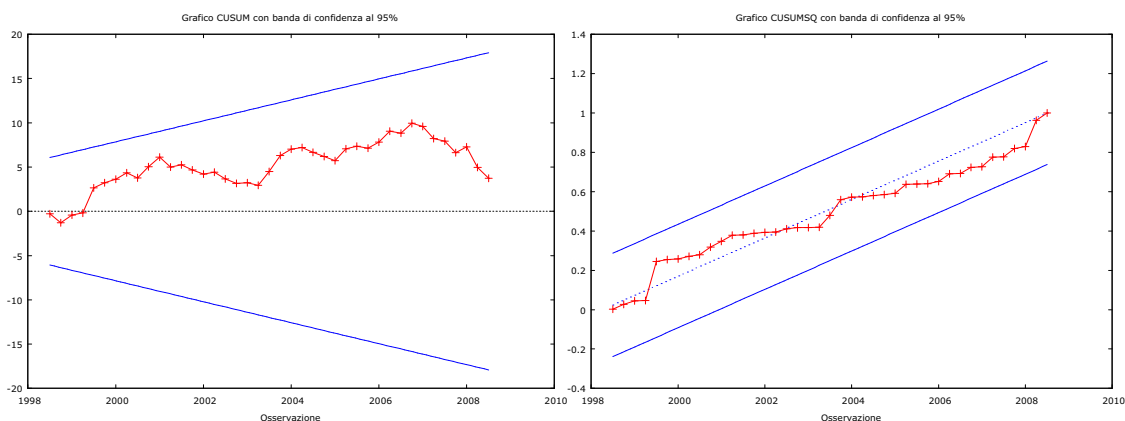
OLS, usando le osservazioni 1996:3-2008:3 (T = 49)

Statistica test:  $TR^2 = 37,236162$ ,

con p-value =  $P(\text{Chi-quadro}(35) > 37,236162) = 0,366492$



I grafici CUSUM e CUSUMSQ mostrano che il modello è stabile sia nei parametri che in varianza: le linee dei residui non escono mai dalle bande di confidenza.



Il modello 7 non rispetta la teoria economica e dunque non è conforme con lo scopo della mia analisi, ma risulta essere un buon modello che spiega in modo adeguato le variazioni dell'output gap nel periodo considerato.

Dalle analisi precedenti sono giunta a dei risultati poco soddisfacenti per il mio scopo: i modelli che ho stimato, anche se buoni, spesso non rispettavano la teoria economica. Ho perciò cercato all'interno del campione dato, un sottocampione che rispettasse le conclusioni a cui sono giunti gli autori del saggio di partenza: il tasso d'interesse reale è significativo nello spiegare l'output gap (con il quale ha una relazione inversa) e, se si aggiunge lo spread, anche questo risulta essere significativo e presenta segno negativo. Il sottocampione trovato è quello che inizia il secondo trimestre del 2001 e finisce il terzo trimestre del 2008: esso comprende il periodo in cui l'euro era già entrato in circolazione e quindi gli stati dell'Eurosistema utilizzavano una politica monetaria comune decisa dalla BCE, senza tenere conto degli ultimi anni relativi alla crisi, che portano instabilità ai dati.

Ho deciso di effettuare questa analisi a parte, poiché il sottocampione utilizzato contiene solo 30 osservazioni; i risultati devono quindi essere interpretati con cautela.



## 5. SOTTOCAMPIONE 2001:2 – 2008:3

### MODELLO 1

Ho inserito nel modello, oltre ai due ritardi della dipendente, il tasso d'interesse reale contemporaneo e quello ritardato di un periodo; ho utilizzato la variabile itrealx:

$$y_t = c + \alpha_0 \text{itrealx}_t + \alpha_1 \text{itrealx}_{t-1} + \beta_1 y_{t-1} + \beta_2 y_{t-2} + \varepsilon_t$$

Modello 8: OLS, usando le osservazioni 2001:2-2008:3 (T = 30)

Variabile dipendente: y

Errori standard robusti rispetto all'eteroschedasticità, variante HCO

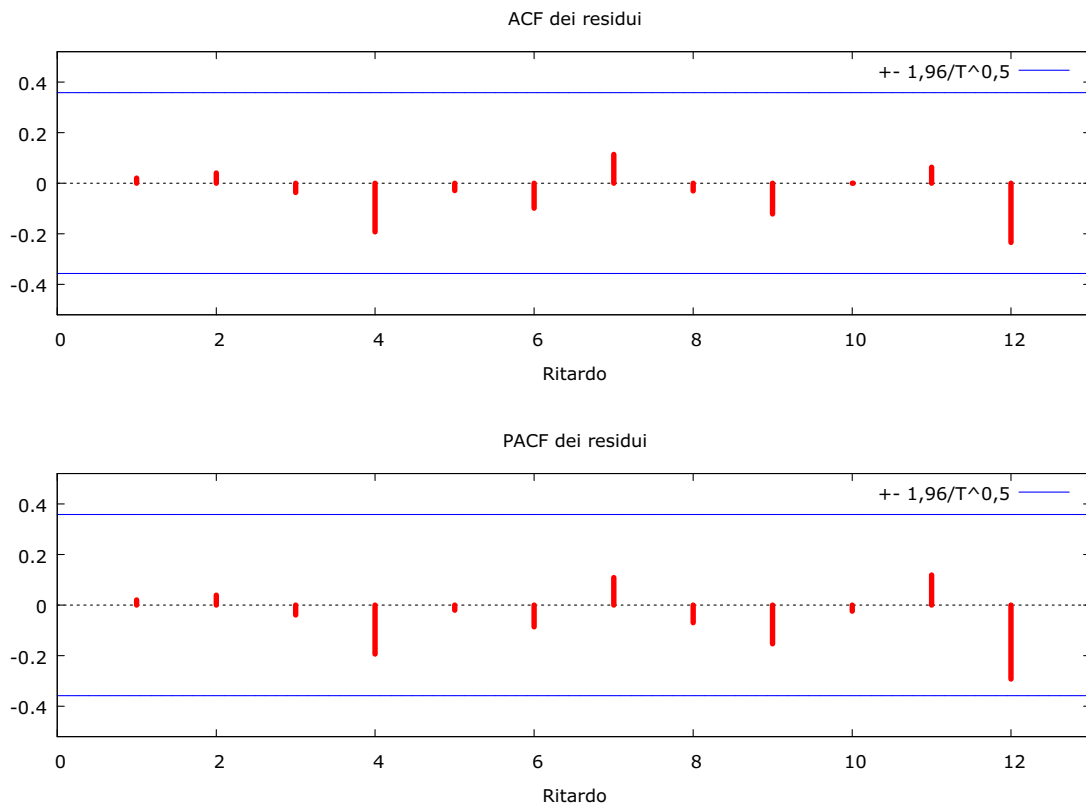
	<i>Coefficiente</i>	<i>Errore Std.</i>	<i>rapporto t</i>	<i>p-value</i>	
const	0,203645	0,253608	0,8030	0,42955	
itrealx	0,480132	0,239931	2,0011	0,05635	*
itrealx_1	-0,655289	0,229783	-2,8518	0,00860	***
y_1	1,34915	0,170031	7,9347	<0,00001	***
y_2	-0,332597	0,173394	-1,9182	0,06658	*

Media var. dipendente	0,169468	SQM var. dipendente	1,072353
Somma quadr. residui	1,765997	E.S. della regressione	0,265782
R-quadro	0,947044	R-quadro corretto	0,938571
F(4, 25)	130,3946	P-value(F)	2,32e-16
Log-verosimiglianza	-0,080927	Criterio di Akaike	10,16185
Criterio di Schwarz	17,16784	Hannan-Quinn	12,40313
rho	0,021267	Valore h di Durbin	0,284905

Il tasso d'interesse reale è significativo a entrambi i ritardi, anche se quello contemporaneo lo è solo al 10%, e la somma dei due coefficienti è negativa, rispettando quindi la teoria. Anche i due ritardi dell'output gap sono significativi anche se il secondo lo è al livello del 10%.

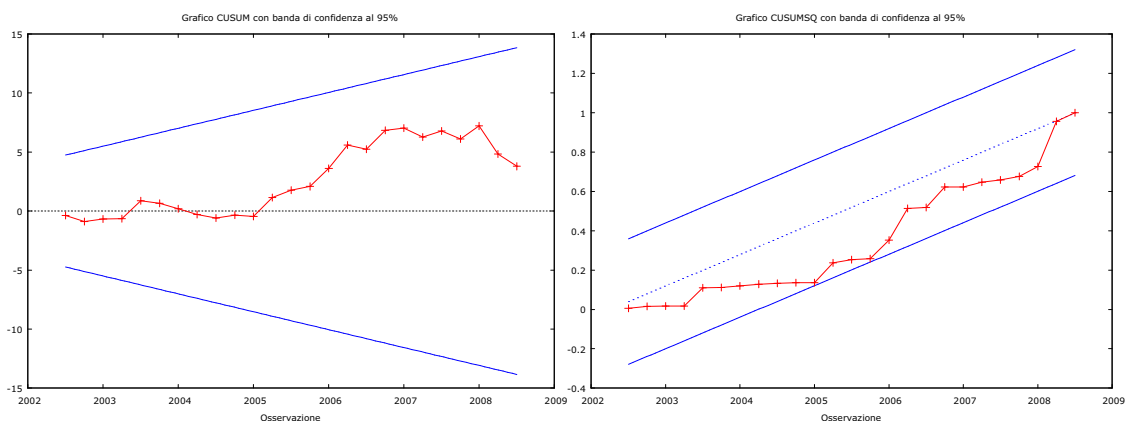
L'R<sup>2</sup> corretto indica che il modello spiega il 93,86% della variabilità dei dati, il test F porta a rifiutare l'ipotesi nulla di uguaglianza di tutti i coefficienti, ad eccezione dell'intercetta, a zero e i criteri di Akaike e di Schwarz assumono valori bassi.

L'analisi dei residui indica incorrelazione e omoschedasticità: i residui derivano dunque da un processo white noise.



Test di White per l'eteroschedasticità  
 OLS, usando le osservazioni 2001:2-2008:3 (T = 30)  
 Statistica test:  $TR^2 = 16,337008$ ,  
 con p-value =  $P(\text{Chi-quadro}(14) > 16,337008) = 0,293230$

I grafici dei test CUSUM e CUSUMSQ indicano stabilità del modello sia nei parametri che in varianza.



Il modello 8 è un buon modello per quanto riguarda la significatività dei coefficienti e gli indici, ed inoltre rispetta lo scopo della mia analisi.

Inserisco ora nel modello lo spread finanziario.

## MODELLO 2

Il tasso d'interesse reale è risultato significativo solo se inserito ritardato di un periodo:

$$y_t = c + \alpha_1 \text{itrealx}_{t-1} + \beta_1 y_{t-1} + \beta_2 y_{t-2} + \gamma_0 \text{sx}_t + \varepsilon_t$$

Modello 9: OLS, usando le osservazioni 2001:2-2008:3 (T = 30)

Variabile dipendente: y

Errori standard robusti rispetto all'eteroschedasticità, variante HCO

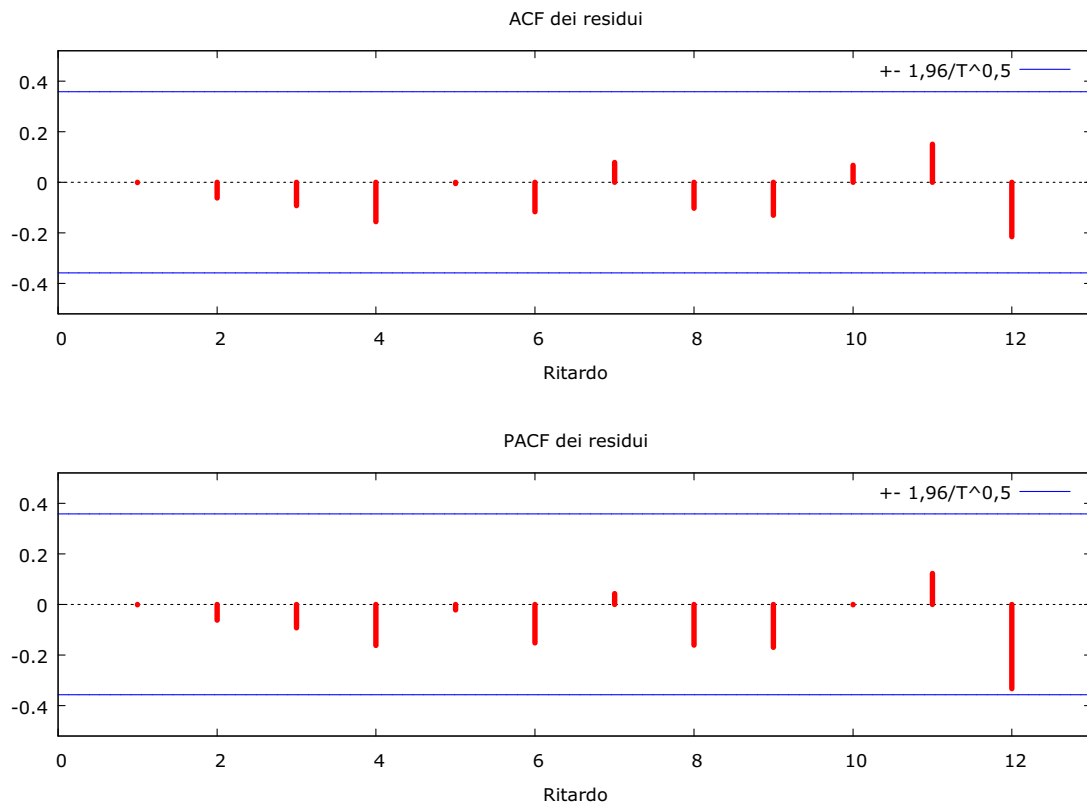
	<i>Coefficiente</i>	<i>Errore Std.</i>	<i>rapporto t</i>	<i>p-value</i>	
const	1,13837	0,28557	3,9863	0,00051	***
itrealx_1	-0,549637	0,179158	-3,0679	0,00513	***
sx	-0,402972	0,131473	-3,0651	0,00516	***
y_1	1,28084	0,169786	7,5438	<0,00001	***
y_2	-0,251566	0,181351	-1,3872	0,17763	

Media var. dipendente	0,169468	SQM var. dipendente	1,072353
Somma quadr. residui	1,610718	E.S. della regressione	0,253828
R-quadro	0,951700	R-quadro corretto	0,943972
F(4, 25)	146,0235	P-value(F)	6,01e-17
Log-verosimiglianza	1,299605	Criterio di Akaike	7,400790
Criterio di Schwarz	14,40678	Hannan-Quinn	9,642066
rho	-0,001062	Valore h di Durbin	-0,014116

Il tasso d'interesse reale e lo spread sono significativi e presentano entrambi segno negativo, come previsto dalla teoria economica e coerentemente con il documento di partenza. Il secondo ritardo della dipendente non è più significativo, mentre la costante rifiuta l'ipotesi nulla di assumere valore pari a zero.

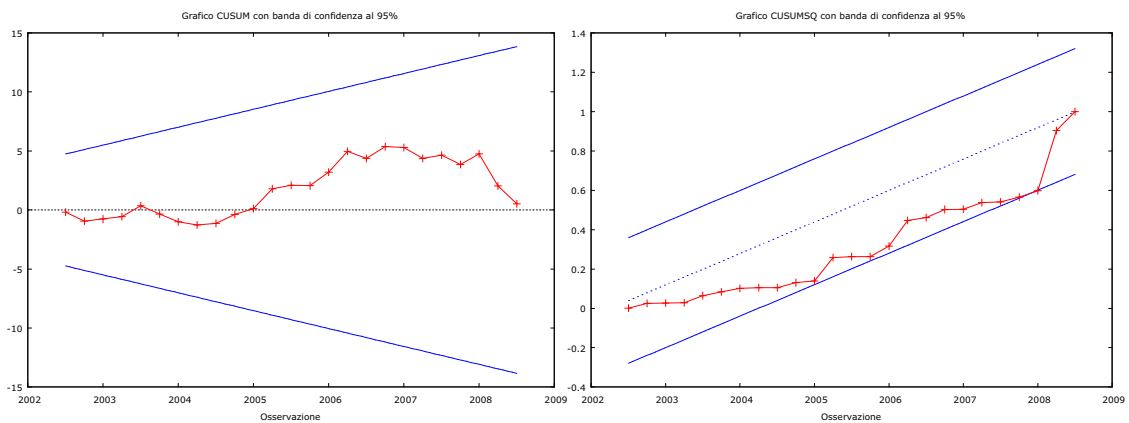
L'R<sup>2</sup> corretto è maggiore rispetto a quello del modello precedente ed i criteri di Akaike e di Schwarz assumono valori minori: questo modello è preferibile a quello senza lo spread.

I residui risultano essere incorrelati e omoschedastici: essi sono dunque white noise.



Test di White per l'eteroschedasticità  
 OLS, usando le osservazioni 2001:2-2008:3 ( $T = 30$ )  
 Statistica test:  $TR^2 = 20,385640$ ,  
 con p-value =  $P(\text{Chi-quadro}(14) > 20,385640) = 0,118444$

Per quanto riguarda la stabilità del modello, i test CUSUM e CUSUMSQ mostrano stabilità nei parametri, mentre la stabilità in varianza è ai limiti dell'accettazione: si può tuttavia affermare che il modello è stabile.



Per il sottocampione considerato, il modello che comprende lo spread è migliore rispetto a quello che contiene solo il tasso d'interesse reale: lo spread è quindi importante nel determinare le variazioni dell'output gap. I risultati ottenuti da questo sottocampione corrispondono quindi a quelli ottenuti da Hafer, Haslag e Jones.



## **6. CONCLUSIONI**

In sintesi, la mia analisi mi ha permesso di giungere ai risultati che elenco di seguito.

Considerando il campione completo, il modello più appropriato risulta essere il primo. L'output gap dipende dal tasso d'interesse reale ritardato con il quale ha una relazione inversa, ossia, all'aumentare del tasso d'interesse reale, l'output gap diminuisce, in quanto scendono sia gli investimenti sia i consumi. Se si considera anche lo spread, il tasso d'interesse reale non è più significativo e lo spread ha somma positiva. Se si considerano le variabili a cui ho applicato la media mobile, allora sia il tasso d'interesse che lo spread finanziario sono significativi, ma sono entrambi positivi. Tutti questi modelli sono inoltre instabili: per il campione completo non c'è quindi un modello migliore che spiega l'andamento dell'output gap e per questo motivo ho deciso di tralasciare le ultime osservazioni relative alla crisi.

Sono passata dunque alla stima del modello per il sottocampione 1995:2 - 2008:3 (o 1995:4 - 2008:3 nel caso di applicazione delle medie mobili): il tasso d'interesse reale risulta essere poco significativo, ma con segno negativo, mentre se considero la variabile ottenuta dopo l'applicazione della media mobile, essa è significativa, ma con segno positivo. Entrambi i modelli portano a considerare il tasso d'interesse reale, hanno un buon adattamento ai dati, sono stabili nel tempo e quindi spiegano bene le variazioni della variabile dipendente: il modello con la media mobile presenta indici migliori, ma non rispetta le conclusioni del documento di partenza. In linea generale, è quindi preferibile il modello con media mobile, ma si deve considerare anche la teoria economica: risulta quindi migliore il modello che spiega l'output gap in funzione del tasso d'interesse reale contemporaneo e ritardato di un periodo (modello 2). La BCE deve quindi tenere conto del tasso d'interesse reale quando prende decisioni di politica monetaria.

Se a questo modello si aggiunge lo spread, esso non risulta essere significativo: questa variabile potrebbe quindi non essere considerata nelle decisioni di politica monetaria della BCE.

Ho infine considerato un altro sottocampione (2001:2 – 2008:3) e ho ottenuto dei risultati diversi. In questo arco temporale era già entrato in circolazione l'euro e la politica monetaria dei paesi dell'Eurosistema non era più condotta dalle singole Banche Centrali Nazionali, ma dalla Banca Centrale Europea. Il tasso d'interesse reale ha influenzato negativamente l'andamento dell'output gap in questo periodo, ma risulta necessario considerare anche lo spread finanziario: la BCE dovrebbe quindi tenere conto anche di questa variabile nelle sue decisioni di politica monetaria.

Da questi risultati posso affermare che la BCE deve considerare il tasso d'interesse reale nelle sue manovre di politica monetaria, ma non sempre può escludere lo spread finanziario. Per giungere a delle conclusioni più precise, sarebbe necessario stimare un modello con più osservazioni, sforzo che sarà possibile effettuare in futuro.



## 7. APPENDICE

### Stima modello 2 per il sottocampione 1995:2 – 2008:3

Se al modello 2 (pag 23) aggiungo lo spread, nessun ritardo risulta essere significativo, come mostrano i seguenti modelli.

Modello A: OLS, usando le osservazioni 1996:2-2008:3 (T = 50)

Variabile dipendente: y

Errori standard robusti rispetto all'eteroschedasticità, variante HCO

	<i>Coefficiente</i>	<i>Errore Std.</i>	<i>rapporto t</i>	<i>p-value</i>	
const	-0,0501663	0,198579	-0,2526	0,80185	
itreal	0,171003	0,0963871	1,7741	0,08365	*
itreal_1	-0,160281	0,0832855	-1,9245	0,06143	*
spread	0,263674	0,161278	1,6349	0,10992	
spread_1	-0,332049	0,201646	-1,6467	0,10746	
spread_2	0,0367432	0,173807	0,2114	0,83365	
spread_3	0,202425	0,180021	1,1245	0,26752	
spread_4	-0,125205	0,126699	-0,9882	0,32899	
y_1	1,44922	0,118855	12,1931	<0,00001	***
y_2	-0,520401	0,125744	-4,1386	0,00017	***

Media var. dipendente	0,053887	SQM var. dipendente	1,084304
Somma quadr. residui	3,606764	E.S. della regressione	0,300282
R-quadro	0,937394	R-quadro corretto	0,923307
F(9, 40)	90,60175	P-value(F)	9,48e-24
Log-verosimiglianza	-5,216623	Criterio di Akaike	30,43325
Criterio di Schwarz	49,55348	Hannan-Quinn	37,71434
rho	-0,099333	Valore h di Durbin	-1,253307

Modello B: OLS, usando le osservazioni 1996:1-2008:3 (T = 51)

Variabile dipendente: y

Errori standard robusti rispetto all'eteroschedasticità, variante HCO

	<i>Coefficiente</i>	<i>Errore Std.</i>	<i>rapporto t</i>	<i>p-value</i>	
const	-0,0625067	0,179318	-0,3486	0,72915	
itreal	0,159463	0,095834	1,6640	0,10357	
itreal_1	-0,175335	0,08126	-2,1577	0,03672	**
spread	0,203617	0,169585	1,2007	0,23660	
spread_1	-0,222061	0,208827	-1,0634	0,29369	
spread_2	0,0168076	0,191598	0,0877	0,93051	

spread_3	0,0838915	0,131064	0,6401	0,52560	
y_1	1,46047	0,125548	11,6327	<0,00001	***
y_2	-0,504075	0,128266	-3,9299	0,00031	***

Media var. dipendente	0,020565	SQM var. dipendente	1,099468
Somma quadr. residui	3,922616	E.S. della regressione	0,305607
R-quadro	0,935101	R-quadro corretto	0,922739
F(8, 42)	86,62614	P-value(F)	1,35e-23
Log-verosimiglianza	-6,956662	Criterio di Akaike	31,91332
Criterio di Schwarz	49,29975	Hannan-Quinn	38,55719
rho	-0,150461	Valore h di Durbin	-2,311305

Modello C: OLS, usando le osservazioni 1995:4-2008:3 (T = 52)

Variabile dipendente: y

Errori standard robusti rispetto all'eteroschedasticità, variante HCO

	<i>Coefficiente</i>	<i>Errore Std.</i>	<i>rapporto t</i>	<i>p-value</i>	
const	-0,0155111	0,160941	-0,0964	0,92366	
itreal	0,157667	0,0964808	1,6342	0,10936	
itreal_1	-0,177535	0,0824624	-2,1529	0,03685	**
spread	0,19317	0,164989	1,1708	0,24798	
spread_1	-0,258462	0,21269	-1,2152	0,23077	
spread_2	0,115519	0,128594	0,8983	0,37390	
y_1	1,46402	0,125059	11,7066	<0,00001	***
y_2	-0,517797	0,125167	-4,1368	0,00016	***

Media var. dipendente	-0,001869	SQM var. dipendente	1,100590
Somma quadr. residui	3,967266	E.S. della regressione	0,300275
R-quadro	0,935780	R-quadro corretto	0,925563
F(7, 44)	97,04144	P-value(F)	1,27e-24
Log-verosimiglianza	-6,882475	Criterio di Akaike	29,76495
Criterio di Schwarz	45,37490	Hannan-Quinn	35,74944
rho	-0,150709	Valore h di Durbin	-2,392508

Modello D: OLS, usando le osservazioni 1995:4-2008:3 (T = 52)

Variabile dipendente: y

Errori standard robusti rispetto all'eteroschedasticità, variante HCO

	<i>Coefficiente</i>	<i>Errore Std.</i>	<i>rapporto t</i>	<i>p-value</i>	
const	0,0180433	0,155886	0,1157	0,90837	
itreal	0,136819	0,0998931	1,3697	0,17759	
itreal_1	-0,153289	0,0838479	-1,8282	0,07416	*
spread	0,131588	0,163782	0,8034	0,42595	
spread_1	-0,112615	0,182634	-0,6166	0,54060	
y_1	1,47083	0,128853	11,4148	<0,00001	***
y_2	-0,537692	0,124676	-4,3127	0,00009	***

Media var. dipendente	-0,001869	SQM var. dipendente	1,100590
Somma quadr. residui	4,012144	E.S. della regressione	0,298595
R-quadro	0,935054	R-quadro corretto	0,926394
F(6, 45)	103,2122	P-value(F)	1,25e-24
Log-verosimiglianza	-7,174934	Criterio di Akaike	28,34987
Criterio di Schwarz	42,00857	Hannan-Quinn	33,58629
rho	-0,155114	Valore h di Durbin	-2,829776

Modello E: OLS, usando le osservazioni 1995:4-2008:3 (T = 52)

Variabile dipendente: y

Errori standard robusti rispetto all'eteroschedasticità, variante HCO

	<i>Coefficiente</i>	<i>Errore Std.</i>	<i>rapporto t</i>	<i>p-value</i>	
const	-	0,150254	-0,0506	0,95990	
	0,00759581				
itreal	0,111843	0,0796941	1,4034	0,16721	
itreal_1	-0,133261	0,0702546	-1,8968	0,06414	*
spread	0,0453042	0,0924321	0,4901	0,62637	
y_1	1,44358	0,123555	11,6837	<0,00001	***
y_2	-0,496888	0,107881	-4,6059	0,00003	***

Media var. dipendente	-0,001869	SQM var. dipendente	1,100590
Somma quadr. residui	4,053874	E.S. della regressione	0,296863
R-quadro	0,934378	R-quadro corretto	0,927245
F(5, 46)	120,4465	P-value(F)	3,03e-25
Log-verosimiglianza	-7,443964	Criterio di Akaike	26,88793
Criterio di Schwarz	38,59539	Hannan-Quinn	31,37629
rho	-0,124872	Valore h di Durbin	-1,895043

Se inserisco solo il primo ritardo del tasso d'interesse reale e vari ritardi dello spread, nessuna delle due variabili è significativa come dimostrato nel modello seguente.

Modello F: OLS, usando le osservazioni 1995:4-2008:3 (T = 52)

Variabile dipendente: y

Errori standard robusti rispetto all'eteroschedasticità, variante HCO

	<i>Coefficiente</i>	<i>Errore Std.</i>	<i>rapporto t</i>	<i>p-value</i>
const	0,0315694	0,165279	0,1910	0,84938
itreal_1	-0,0425348	0,0356467	-1,1932	0,23903
spread	0,0617411	0,157953	0,3909	0,69773
spread_1	-0,0502934	0,192006	-0,2619	0,79457
spread_2	0,0328644	0,136494	0,2408	0,81082

y_1	1,49763	0,130067	11,5142	<0,00001	***
y_2	-0,545184	0,127432	-4,2782	0,00010	***

Media var. dipendente	-0,001869	SQM var. dipendente	1,100590
Somma quadr. residui	4,210105	E.S. della regressione	0,305872
R-quadro	0,931849	R-quadro corretto	0,922762
F(6, 45)	97,26035	P-value(F)	4,29e-24
Log-verosimiglianza	-8,427143	Criterio di Akaike	30,85429
Criterio di Schwarz	44,51299	Hannan-Quinn	36,09071
rho	-0,135871	Valore h di Durbin	-2,619523

Anche nel caso in cui inserisco solo il tasso d'interesse reale contemporaneo e alcuni ritardi dello spread, entrambe le variabili sono non significative.

Modello G: OLS, usando le osservazioni 1995:4-2008:3 (T = 52)

Variabile dipendente: y

Errori standard robusti rispetto all'eteroschedasticità, variante HCO

	<i>Coefficiente</i>	<i>Errore Std.</i>	<i>rapporto t</i>	<i>p-value</i>	
const	-0,0466926	0,162213	-0,2878	0,77479	
itreal	-	0,0438173	-0,0951	0,92468	
	0,00416593				
spread	0,0603644	0,174407	0,3461	0,73087	
spread_1	-0,0131894	0,208827	-0,0632	0,94992	
spread_2	0,00028770	0,136186	0,0021	0,99832	
	2				
y_1	1,50006	0,132182	11,3484	<0,00001	***
y_2	-0,554275	0,130289	-4,2542	0,00010	***

Media var. dipendente	-0,001869	SQM var. dipendente	1,100590
Somma quadr. residui	4,295055	E.S. della regressione	0,308943
R-quadro	0,930474	R-quadro corretto	0,921204
F(6, 45)	99,97947	P-value(F)	2,42e-24
Log-verosimiglianza	-8,946538	Criterio di Akaike	31,89308
Criterio di Schwarz	45,55178	Hannan-Quinn	37,12950
rho	-0,139729	Valore h di Durbin	-3,023573

## **8. BIBLIOGRAFIA**

- Tommaso Di Fonzo, Francesco Lisi, “Serie storiche economiche. Analisi statistiche e applicazioni”, Carocci editore, 2005.
- R. W. Hafer, Joseph H. Haslag, Garrett Jones, “On money and output: is money redundant?”, Journal of Monetary Economics 54 (2007) 945 – 954.
- G. Mankiw, “Macroeconomia”, Zanichelli, 2004.
- Domenico Piccolo, “Statistica per le decisioni. La conoscenza umana sostenuta dall’evidenza empirica”, il Mulino, 2006.
- Dispense di macroeconomia

## **SITOGRAFIA**

- Il sito web <http://www.bancaditalia.it/eurosistema>
- Il sito web <http://www.ecb.int/ecb/html/index.it.html>