

## STRUMENTI E OBIETTIVI INTERMEDI DELLA POLITICA MONETARIA IN ITALIA: ESPERIMENTI DI CONTROLLO CON UN MODELLO MENSILE DEL MERCATO MONETARIO E DEGLI IMPIEGHI BANCARI

Sergio Calliari - Carlo Carraro - Domenico Sartore

### 1. Introduzione

In risposta agli elevati tassi di inflazione durante il decennio 1970-1980, le banche centrali di molti paesi hanno modificato le tecniche di condotta della politica monetaria. Tema comune di questo nuovo approccio è l'enfasi crescente sul controllo monetario tramite l'uso di *target* espliciti sulla crescita dello stock di moneta invece che sui tassi di interesse e l'adozione di procedure operative per rendere il controllo monetario più efficiente. Dietro a questo cambiamento di obiettivi sta la convinzione che una sistematica riduzione nella crescita degli aggregati monetari sia condizione necessaria e sufficiente per moderare sia l'inflazione che le aspettative di inflazione.

Una analoga evoluzione ha caratterizzato anche la politica monetaria italiana. Dalla metà degli anni 60 sino all'inizio del 1974 (eccetto il periodo 1969-1971 quando per il rialzo dei tassi sui mercati finanziari internazionali si ebbero massicce esportazioni di capitali) la Banca d'Italia ha avuto come obiettivo intermedio la struttura dei tassi di interesse a lungo termine. Nel marzo del 1974, con la "prima lettera di intenti" al FMI, la Banca d'Italia definisce come obiettivo intermedio della politica monetaria il Credito Totale Interno (CTI). Analoga definizione è presente nella "seconda lettera di intenti" al FMI.

L'esperienza del periodo 1974-1982 solleva tuttavia notevoli dubbi sulla rilevanza e sull'utilità di questo obiettivo intermedio della politica monetaria e induce ad un nuovo cambiamento di obiettivi. In questo quadro, i provvedimenti del 23 dicembre 1982 del CICR, emanati su proposta della Banca d'Italia, fanno ritenere che l'attenzione della politica monetaria si sposti dall'attivo delle banche al loro passivo e, forse, da un obiettivo intermedio in termini di CTI ad uno in termini di un qualche aggregato monetario (M1, M2, M3). In analogia con quanto avvenuto in altri paesi, anche in Italia sembra quindi che lo stock di moneta sia divenuto l'obiettivo intermedio della politica monetaria.

Controllare un obiettivo intermedio definito in termini di tassi

di interesse o di aggregati monetari richiede tuttavia opportuni strumenti e una precisa valutazione della possibilità di raggiungere, con tali strumenti, l'obiettivo desiderato. Il controllo dello stock di moneta, ad esempio, dipende dalla comprensione dei *linkage* tra riserve bancarie, tassi di interesse, domanda di attività finanziarie, impieghi da parte del pubblico e gli strumenti a disposizione della Banca Centrale. Solo una volta definiti tali legami è possibile valutare la raggiungibilità di un determinato obiettivo. Un modello econometrico del mercato monetario e degli impieghi bancari è una delle varie forme in cui è possibile quantificare questi *linkage* e può quindi essere un elemento necessario per la formulazione e l'esecuzione di nuove procedure operative di controllo monetario. Tale modello è inoltre indispensabile per la determinazione e la valutazione quantitativa di politiche monetarie alternative.

Quest'ultimo aspetto è qui particolarmente rilevante. Questo lavoro si pone infatti l'obiettivo di verificare, in termini empirici, quale possa essere l'obiettivo intermedio più appropriato per la politica monetaria. Per far ciò, sono necessari due essenziali elementi: da un lato, come detto, un modello econometrico del settore monetario in grado di catturare le complesse interdipendenze tra variabili monetarie; dall'altro, delle tecniche che permettano di valutare l'ottimalità delle politiche monetarie e la conseguibilità degli obiettivi prefissati.

In questo lavoro, si utilizzerà la teoria del controllo ottimo sia per verificare se la struttura del modello econometrico, i meccanismi di trasmissione in esso incorporati, la sua formulazione dinamica, sono in grado di catturare in modo soddisfacente il comportamento effettivo del settore monetario italiano, sia per determinare la politica monetaria ottimale nei confronti dei diversi obiettivi intermedi (struttura dei tassi di interesse, aggregati monetari) e per confrontarla con le politiche effettivamente messe in atto dalla Banca d'Italia. Si cercherà cioè di determinare sia il grado di controllabilità dei diversi obiettivi intermedi, che la politica monetaria necessaria per stabilizzare un determinato obiettivo intermedio attorno al sentiero dinamico desiderato. In questo modo, sarà possibile determinare se il passaggio da obiettivi definiti in termini di tassi di interesse a obiettivi definiti in termini di aggregati monetari implichi una maggior o minor variabilità degli strumenti monetari o un incremento o diminuzione della loro efficacia.

L'analisi che seguirà sarà incentrata sul controllo degli obiettivi intermedi della politica monetaria. E' tuttavia ovvio che gli obiettivi

finali delle politiche di stabilizzazione si riferiscono all'economia reale e che l'analisi di politica economica dovrebbe esaminare in che modo variazioni di strumenti quali lo stock di moneta o i tassi di interesse possono essere utilizzate per ottenere i livelli desiderati di PIL, occupazione, prezzi e bilancia dei pagamenti. Tuttavia, l'impossibilità della Banca Centrale di controllare direttamente tali strumenti ha condotto ad un processo di ottimizzazione a due stadi, dove gli strumenti sono in effetti obiettivi intermedi e le "vere" variabili strumentali sono quelle su cui la Banca Centrale ha il controllo diretto (coefficienti di riserva obbligatoria, tasso di sconto, operazioni di mercato aperto, massimali, vincoli di portafoglio, ecc.). Ecco quindi che diviene rilevante determinare se tali strumenti sono in grado di controllare gli obiettivi intermedi definiti dal livello degli aggregati monetari o dalla struttura dei tassi di interesse.

In particolare, sono necessarie informazioni sulle caratteristiche della relazione tra obiettivi intermedi e strumenti; sulla possibile instabilità degli strumenti; sulla natura dei *trade-off* tra controllo degli aggregati monetari nel breve periodo e variabilità nei tassi di interesse; sulla possibilità di manovrare gli strumenti di politica monetaria in modo indipendente; sulla controllabilità dei diversi obiettivi intermedi.

La metodologia necessaria per ottenere tali informazioni verrà presentata nella sezione 3 del lavoro dove verranno introdotti alcuni elementi di teoria del controllo volti ad evidenziare come quest'ultima possa venire utilizzata non solo per determinare la politica ottimale, ma anche per sottoporre a verifica la struttura del modello econometrico.

Nella sezione 4 verranno affrontati i problemi più strettamente empirici prima sollevati. In particolare, si cercherà di valutare la possibilità di controllare lo stock di moneta per mezzo di variabili sotto il diretto controllo della Banca Centrale (base monetaria, riserve non prestate, riserve totali, ecc.) e di determinare in quale misura il quadro operativo richiesto per controllare tale stock sia stabile. Inoltre, si cercherà di determinare il *trade-off* tra controllabilità degli aggregati monetari e dei tassi di interesse rispetto a differenti scelte degli strumenti di politica monetaria.

Successivamente verrà esaminata l'efficacia di differenti gruppi di strumenti: in particolare, verranno considerate le riserve non prestate, le riserve totali, il tasso sui BOT a tre mesi e il tasso di sconto. Sarà così possibile valutare se il tasso sui BOT è più efficace che le riserve non prestate o le riserve totali nel controllare un dato obiettivo intermedio e se la controllabilità di differenti insiemi di obiettivi possa essere migliorata impiegando attivamente il

tasso di sconto come strumento di politica economica. Verrà inoltre analizzata la stabilità dei diversi strumenti della politica monetaria.

Gli esperimenti di controllo necessari per conseguire gli obiettivi ora descritti saranno svolti utilizzando il modello del settore monetario e finanziario formulato e stimato da Calliari-Sironi (1984a,b). Una breve descrizione di tale modello sarà presentata nella prossima sezione.

## 2. Il modello econometrico

La versione del modello utilizzata in questo lavoro comprende 16 equazioni stocastiche e 20 equazioni di definizione in modo da determinare endogeneamente 36 variabili. Le variabili endogene sono: circolante, depositi in conto corrente, depositi a risparmio, BOT del pubblico, tasso sui BOT, tasso sulle obbligazioni degli Istituti di Credito Mobiliare e sulle obbligazioni a lungo termine, tasso sui depositi in conto corrente e a risparmio, liquidità bancaria, domanda di BOT da parte delle banche, riserve obbligatorie, domanda di impieghi bancari (disaggregata) e relativo tasso di interesse.

Il modello comprende quattro mercati (mercato della base monetaria, mercato dei depositi, mercato degli impieghi bancari, mercato dei BOT) e tre operatori (pubblico, banche, governo). Il pubblico aggrega famiglie e imprese e il governo aggrega Tesoro, Banca Centrale e Ufficio Italiano Cambi.

Le variabili generate dal settore reale dell'economia sono considerate esogene, data la natura del modello e l'evidenza empirica esistente circa i ritardi relativamente lunghi tra movimenti nel mercato monetario e il loro impatto sul settore reale dell'economia. L'assunzione è ragionevole in un modello di breve periodo da utilizzare per decisioni che coprono un intervallo temporale di alcuni mesi. L'utilizzo del modello su un intervallo temporale superiore richiede la endogeneizzazione dei *feedback* provenienti dal settore reale dell'economia. Nella scelta delle variabili esogene (con l'esclusione di quelle controllate o controllabili) ci si è orientati verso quelle che non pongono particolari problemi di previsione o che sono facilmente prevedibili con la classe dei modelli univariati ARMA secondo la procedura proposta da Box e Jenkins (1976)] Si è cioè tentato di specificare la struttura più economica possibile in vista dell'uso del modello. Ciò è rivelato dal numero estremamente basso di variabili esogene, il che costituisce un vantaggio considerevole in fase di previsione. Il costo di questa scelta è dato

dalla sostituzione, in qualche caso, di equazioni preferibili dal punto di vista teorico, con specificazioni più semplici.

Il modello differisce da quelli esistenti in Italia in quanto usa dati mensili e non trimestrali o annuali. Il livello di disaggregazione temporale prescelto dovrebbe presentare vantaggi sostanziali sia dal punto di vista della stima, che della previsione e del controllo. L'utilizzo di dati mensili ha il vantaggio di limitare la stima al periodo più recente pur avendo a disposizione un numero sufficiente di gradi di libertà, e di rendere più accettabile l'assunzione di invarianza della struttura. Inoltre, la simultaneità tra le variabili in un modello mensile dovrebbe essere minore rispetto a quella implicita in modelli annuali e trimestrali, cosicché la stima di un sistema di relazioni ricorsive mensili con stimatori uniequazionali diviene accettabile se non preferibile.

Per quanto riguarda la previsione, è probabile che le previsioni di breve periodo effettuate utilizzando un modello mensile siano più accurate di quelle ottenute a partire da un modello trimestrale o annuale. Inoltre, se questo è vero, un modello mensile costituisce uno strumento di controllo più affidabile. Infine, la possibilità di stimare il modello su un periodo campionario limitato rende le stime meno sensibili a possibili cambiamenti del regime della politica monetaria e implica la possibilità di effettuare esperimenti di controllo meno dipendenti da possibili variazioni dei parametri.

Modelli mensili del mercato monetario simili a quello qui presentato sono stati costruiti e sono utilizzati presso il Federal Reserve System's Board of Governors (1975, 1981), la Bank of Canada (1975) e la Federal Reserve Bank of San Francisco (1981, 1981, 1983).

### *3. L'analisi econometrica attraverso i metodi di controllo*

E' stato frequentemente sottolineato (vedi Chow, 1981) come le relazioni tra le variabili del modello (in particolare, tra gli obiettivi e gli strumenti di politica economica) possano essere meglio esplorate utilizzando i metodi della teoria del controllo.

Poiché si vuole analizzare se un dato insieme di obiettivi intermedi può essere controllato dall'autorità di politica economica e quali strumenti sono più appropriati a questo scopo, è necessario identificare le principali caratteristiche della struttura del modello. La teoria della controllabilità fornisce la metodologia per scomporre la struttura del modello, cosicché si può determinare se un dato insieme di obiettivi è controllabile o se un dato insieme di strumenti

è efficace, se un obiettivo è decomponibile o se uno strumento è stabile e può essere assegnato ad un particolare obiettivo. Le principali proprietà della relazione tra strumenti e obiettivi che intendiamo esaminare sono infatti la stabilità, la controllabilità, la decomponibilità e l'assegnabilità.

Prima di descrivere gli esperimenti di controllo da eseguire per determinare le caratteristiche di tali proprietà delle relazioni tra gli strumenti di politica economica e gli obiettivi, è opportuno richiamare alcuni risultati propri della teoria della controllabilità. In tal modo, si può meglio comprendere la struttura e l'evoluzione sequenziale degli esperimenti di controllo.

Si supponga pertanto di linearizzare il modello in modo da ottenere la seguente struttura:

$$(3.1) \quad \begin{aligned} \tilde{A}_0 y_t &= \tilde{A}_1 y_{t-1} + \tilde{A}_2 y_{t-2} + \dots + \tilde{A}_p y_{t-p} + \\ &+ \tilde{B}_0 x_t + \tilde{B}_1 x_{t-1} + \dots + \tilde{B}_q x_{t-q} + \\ &+ \tilde{C}_0 u_t + \tilde{C}_1 x_{t-1} + \dots + \tilde{C}_r u_{t-r} + \tilde{v}_t \end{aligned}$$

dove  $y_t$  è il vettore delle  $m$  variabili endogene,  $x_t$  è il vettore delle  $k$  variabili esogene e  $u_t, \tilde{v}_t$  sono vettori di disturbi casuali indipendentemente e identicamente distribuiti ed anche indipendenti tra di loro.

La forma strutturale (3.1) è sufficientemente generale per includere come caso particolare la linearizzazione del modello presentato nella sezione 2. Tuttavia, l'analisi che seguirà è basata su un'altra rappresentazione di tale modello. Si consideri infatti la seguente forma ridotta del modello (3.1):

$$(3.2) \quad \begin{aligned} y_t &= A_1 y_{t-1} + A_2 y_{t-2} + \dots + A_p y_{t-p} + \\ &+ B_0 x_t + B_1 x_{t-1} + \dots + B_q x_{t-q} + \\ &+ C_0 u_t + C_1 u_{t-1} + \dots + C_r u_{t-r} + v_t \end{aligned}$$

dove:

$$\begin{aligned} A_i &= \tilde{A}_0^{-1} \tilde{A}_i & i = 1, \dots, p \\ B_i &= \tilde{A}_0^{-1} \tilde{B}_i & i = 1, \dots, q \end{aligned}$$

$$C_i = \tilde{A}_0^{-1} \tilde{C}_i \quad i = 1, \dots, r$$

$$v_t = \tilde{A}_0^{-1} \tilde{v}_t \quad t = 1, \dots, T$$

La forma state-space della (3.2) risulta (vedi Carraro, 1984):

$$(3.3.1) \quad y_t = Hz_t$$

$$(3.3.2) \quad z_t = Fz_{t-1} + Gx_t + Nu_t + H'v_t$$

dove  $z_t$  è chiamato vettore di stato del sistema e dove

$$H = [I \ 0 \ 0 \ \dots \ 0]$$

$$F = \begin{vmatrix} A_1 & I & 0 & \dots & 0 \\ A_2 & 0 & I & \dots & 0 \\ \vdots & & & & \\ \vdots & & & & \\ \vdots & & & & I \\ A_q & \dots & & & 0 \end{vmatrix} \quad G = \begin{vmatrix} B_0 \\ B_1 \\ \vdots \\ \vdots \\ B_q \end{vmatrix} \quad N = \begin{vmatrix} C_0 \\ C_1 \\ \vdots \\ \vdots \\ C_r \end{vmatrix}$$

Poiché il modello è lineare e la funzione obiettivo che verrà nel seguito specificata è quadratica, è possibile applicare il principio di equivalenza di certezza e di conseguenza trascurare la parte stocastica del modello. Ciò permette di applicare i concetti di controllabilità deterministica anche al modello stocastico (3.2).

E' possibile ora chiedersi se il modello soddisfa ad alcune proprietà rilevanti nella teoria della controllabilità. La prima di queste è:

### 1. Stabilizzabilità

Supponiamo che l'azione di politica monetaria messa in atto dalla Banca Centrale possa venire descritta dalla seguente funzione di reazione:

$$(3.4) \quad x_{ct} = K_t z_{t-1} + k_t$$

dove  $x_{ct}$  indica il vettore di strumenti a disposizione dell'autorità monetaria,  $z_t$  il vettore delle variabili di stato che include gli obiettivi intermedi da conseguire e  $K_t$  e  $k_t$  parametrizzano il comportamento della Banca Centrale.

L'insieme di obiettivi  $y_t^*$  si definisce **stabilizzabile** se, dato il modello:

$$(3.5.1) \quad y_t = Hz_t$$

$$(3.5.2) \quad z_t = Fz_{t-1} + Gx_t$$

l'orizzonte temporale  $T$  ed una matrice di selezione  $S$  di ordine  $(m^* \times m)$ , esiste una funzione di reazione  $x_{ct} = K_t z_{t-1} + k_t$  tale che gli  $m^*$  obiettivi  $y_t^* = Sy_t$  possano essere stabilizzati attorno al sentiero desiderato  $[\bar{y}_1^*, \dots, \bar{y}_T^*]$ .

Per rispondere a questa domanda, si scomponga il vettore  $x_t$  come segue:

$$x_t = [x'_{ct} : x'_{et}]$$

dove  $x_{ct}$  è un vettore  $(\bar{k} \times 1)$  di variabili di controllo e  $x_{et}$  un vettore  $((k - \bar{k}) \times 1)$  di variabili esogene. Ripartendo in modo conforme la matrice  $G = [G_1 : G_2]$  si ha:

$$(3.6) \quad z_t = Fz_{t-1} + G_1 x_{ct} + G_2 x_{et}$$

Inoltre si definisca una coppia di matrici  $(A, B)$  **controllabile** se vale la seguente condizione di rango:

$$\text{rango } [B \ AB \ A^2 B \ \dots \ A^r B] = r$$

dove  $r$  è la dimensione della matrice quadrata  $A$ .

Si può provare allora il seguente teorema:



*Teorema 1:* Se la coppia  $(F, G_1)$  è controllabile, allora qualsiasi modificazione degli autovalori della realizzazione  $(H, F, G)$  può essere determinata specificando una funzione di reazione appropriata. Prova: si veda Kailath (1980, par.3.2.1, 3.5.1, 7.2.2).

Questo teorema indica che, dato il sistema (3.5), esiste una funzione di reazione, quindi una politica economica, in grado di stabilizzare, in modo opportuno, la dinamica degli obiettivi intorno ad un sentiero desiderato. Si tratta ora di determinare tale politica economica in modo coerente con le preferenze del policymaker. In economia, il modo comunemente utilizzato per determinare la politica economica ottimale consiste nel risolvere un problema di controllo ottimale, vale a dire nel minimizzare una funzione che riproduca le preferenze del policymaker sotto il vincolo costituito dal modello dinamico.

Supponiamo, per semplicità, che le preferenze del policymaker siano rappresentabili attraverso una funzione obiettivo quadratica del tipo:

$$(3.7) \quad W = \sum_{t=1}^T [(y_t^* - \bar{y}_t^*)' Q_1 (y_t^* - \bar{y}_t^*) + (x_{ct} - \bar{x}_{ct})' Q_2 (x_{ct} - \bar{x}_{ct})]$$

dove  $Q_1$  e  $Q_2$  sono matrici simmetriche e semidefinite positive; tali matrici esprimono rispettivamente le priorità assegnate a ciascun obiettivo e il costo relativo dell'utilizzo di ciascun strumento (per semplicità si assume che  $Q_1$  e  $Q_2$  siano invarianti nel tempo). La sequenza  $\{\bar{y}_t^*, \bar{x}_{ct}; t = 1, 2 \dots T\}$  definisce i valori desiderati per gli strumenti e gli obiettivi di politica economica.

Definiamo inoltre una coppia di matrici  $(A, B)$  osservabile se vale la seguente condizione di rango:

$$\text{rango} [A' \ A'B' \ A'(B')^2 \ \dots \ A'(B')^{r-1}]' = r$$

dove  $r$  è la dimensione della matrice  $A$ .

Minimizzando la (3.7) sotto il vincolo (3.5) (risolvendo, attraverso il principio di Bellman, il relativo problema di ottimizzazione dinamica) si ottiene la funzione di reazione del policymaker  $x_{ct} = K_t z_{t-1} + k_t$  che, sotto opportune condizioni (vedi

Chow, 1975; Carraro, 1984), converge alla (3.4). Le proprietà della funzione di reazione ottenuta risolvendo un problema di controllo ottimale sono illustrate dal seguente teorema:

*Teorema 2:* Se la coppia  $(SH, F)$  è osservabile e la coppia  $(F, G_1)$  è controllabile, la soluzione del problema di controllo ottimale è stabile, cioè  $W$  è finito per qualsiasi  $T$  e qualsiasi insieme di parametri  $Q_1, Q_2, \{\bar{y}_t^*, \bar{x}_{ct}; t=1, \dots, T\}$ .

Prova: si veda Kailath (1980, par. 3.4.2 e 7.4).

Questo teorema assicura che qualora la funzione di reazione sia determinata risolvendo il problema di controllo che minimizza la (3.7) sotto il vincolo (3.3), i sentieri degli obiettivi e degli strumenti non divergono da quelli desiderati. Ciò significa che la proprietà di stabilizzabilità è assicurata dalla funzione di reazione ottimale e che allo stesso tempo anche il comportamento degli strumenti è stabile. Ciò che non viene assicurato è che il sentiero degli obiettivi venga raggiunto in modo esatto in tutto o parte del periodo di pianificazione, in quanto il Teorema 2 garantisce soltanto la non divergenza, asintoticamente, delle traiettorie effettive da quelle desiderate.

E' tuttavia possibile richiedere che il sentiero degli obiettivi coincida esattamente con il sentiero desiderato. In questo caso il modello deve soddisfare alla seguente proprietà:

## 2. Controllabilità

Un insieme di obiettivi  $\{y_t^*; t=1 \dots T\}$  si dice **globalmente controllabile** (*path controllable*) se, dato un valore iniziale  $y_0^*$ , esiste una sequenza di variabili di controllo  $\{x_{ct}; t=s, \dots, 0, 1, \dots, T\}$  tale che  $y_t^* = \bar{y}_t^*$  per ogni  $t=1, 2, \dots, T$ , dove  $s$  denota il grado di anticipazione della politica economica e  $T$  l'orizzonte di programmazione.

In altre parole, ciò significa che è possibile raggiungere in modo esatto gli obiettivi prefissati in tutto il periodo di programmazione. E' evidente pertanto che la condizione di controllabilità è più restrittiva della condizione di stabilizzabilità.

Affinché il sistema (3.5) soddisfi alla condizione di controllabilità, è necessario che valga il seguente teorema:

*Teorema 3:* Dato il sistema (3.5), la sequenza di obiettivi  $\{y_t^*; t=1 \dots T\}$  è globalmente controllabile con grado di anticipazione  $s$  nell'intervallo di programmazione  $[1, T]$  se e solo se vale la seguente condizione di rango:

$$(3.8) \quad \text{rango} \begin{vmatrix} \overline{HG}_1 & \overline{HFG}_1 & \overline{HF}^2 G_1 & \dots & \overline{HF}^T G_1 & \dots & \overline{HF}^{T+s-1} G_1 \\ 0 & \overline{HG}_1 & \overline{HFG}_1 & \dots & & & \overline{HF}^{T+s-2} \\ \cdot & 0 & \overline{HG}_1 & \dots & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & 0 & \dots & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot & & \cdot \\ 0 & 0 & 0 & \dots & & & \overline{HF}^s G_1 \end{vmatrix} =$$

$$= m^*(T+1)$$

dove  $m^*$  è il numero di obiettivi contenuti nel vettore  $y^*$  e  $\overline{H} = SH$ .

Prova: si veda Preston-Sieper (1977, p.225)

Poiché tale teorema è in pratica difficilmente soddisfatto (la condizione d'ordine richiede ad esempio che il numero di strumenti disponibili  $k$  soddisfi la relazione  $k(T+s+1)$  maggiore di  $m^*(T+1)$ ) ci si dovrà accontentare di stabilizzare il più possibile il comportamento delle variabili obiettivo attorno al loro valore desiderato, come risulta dall'applicazione del teorema 2 nel caso in cui  $(SH, F)$  sia osservabile e  $(F, G_1)$  sia controllabile. Lo sforzo di stabilizzare la dinamica degli obiettivi potrebbe tuttavia indurre una eccessiva variabilità nella dinamica degli strumenti. L'analisi della funzione di reazione può perciò essere utile anche per descrivere il comportamento dinamico degli strumenti quando questi vengano determinati in modo ottimale dall'autorità di politica economica. E' possibile infatti che un insieme di obiettivi possano essere stabilizzati o controllati globalmente solo al prezzo di una grande e crescente variabilità degli strumenti (si vedano Holbrook, 1972;

Sims, 1974).

Ciò ci porta quindi a considerare il problema della stabilità degli strumenti di politica economica.

### 3. Stabilità degli strumenti

Il sentiero degli strumenti è stabile se il limite della varianza della sequenza  $\{x_{ct}; t=1 \dots T\}$  è finito quando  $T$  tende ad infinito.

Il teorema 2 ha già fornito delle condizioni che garantiscono la stabilità degli strumenti. Se infatti  $x_{ct}$  viene calcolato in modo ottimale minimizzando la (3.7) sotto il vincolo (3.5) e le coppie  $(SH, F)$  e  $(F, G_1)$  sono, rispettivamente, osservabile e controllabile, allora il valore della funzione  $W$  nel punto di ottimo è finito, il che significa che la traiettoria degli strumenti è stabile.

Un'altra condizione di stabilità degli strumenti, solo sufficiente, ma di più facile interpretazione ed applicazione, viene fornita dal seguente teorema:

*Teorema 4:* Se  $\text{rango}(Q_2) = \bar{k}$ , allora la funzione di reazione (3.4) è stabile.

Prova: si veda Turnovsky (1974) o Preston-Pagan (1982, p.365).

Questo teorema pone in risalto il paradosso dell'instabilità degli strumenti. Infatti, se obiettivo della politica economica è una limitata variabilità degli strumenti, allora la corretta specificazione della funzione obiettivo  $W$  implica  $\text{rango}(Q_2) = \bar{k}$  e quindi la stabilità della funzione di reazione; d'altro canto, se il rango di  $Q_2$

è diverso da  $\bar{k}$ , si può avere instabilità degli strumenti, ma questo non costituisce un problema data la specificazione di  $W$ . In altre parole, l'instabilità degli strumenti non è altro che un problema di corretta specificazione della funzione obiettivo.

Un ulteriore problema generato dalla mancata soddisfazione delle condizioni del teorema 3 riguarda la possibilità di conseguire un sottoinsieme degli obiettivi di politica economica senza con questo penalizzare eccessivamente l'andamento degli obiettivi rimanenti. Per risolvere tale problema è necessario analizzare i possibili *trade-off* tra obiettivi. In altre parole, può essere importante cercare quale valore massimo delle variabili obiettivo è ottenibile quando tutte le altre variabili obiettivo sono fissate su predeterminati livelli, oppure quali tra le variabili obiettivo possono

essere modificate senza influenzare le altre variabili obiettivo. In termini tecnici, ciò significa analizzare la decomponibilità del vettore di obiettivi.

#### 4. Decomponibilità

Sia  $v_t$  un nuovo vettore di strumenti di politica economica. Il sistema

$$(3.9.1) \quad y_t^* = SHz_t$$

$$(3.9.2) \quad z_t = Fz_{t-1} + G_1x_{ct} + G_2x_{et}$$

è decomponibile se esistono delle matrici  $K$  e  $L$  tali che l'utilizzo di una regola di politica economica del tipo  $x_{ct} = Kz_{t-1} + Lv_t$  è in grado di trasformare il sistema (3.9) in un sistema di  $m^*$  equazioni indipendenti, una per ogni obiettivo.

Si noti che, se il sistema è decomponibile, allora il sentiero dinamico della  $i$ -esima variabile obiettivo dipende soltanto dal sentiero dinamico del nuovo strumento  $i$ -esimo.

Aoki (1974) propone le condizioni necessarie e sufficienti perché, in un modello macroeconomico, le variabili obiettivo possano essere modificate singolarmente senza interazioni.

L'idea di base è che la matrice relativa alla forma finale del sistema (3.5), cioè  $P(B) = SH(I-FB)^{-1}G_1$ , dove  $B$  indica l'operatore ritardo, sia non singolare e diagonale. Infatti, quando la matrice  $P(B)$  è diagonale, il sistema può essere scritto come un insieme di  $m$  equazioni indipendenti, cosicché ogni strumento può controllare una variabile obiettivo senza influenzare le altre variabili. Poiché, però, in generale  $P(B)$  non è diagonale, si considera un nuovo insieme di strumenti  $v_t$  che viene determinato come funzione del vettore di stato  $z_{t-1}$  e degli strumenti originali  $x_{ct}$ . Condizioni sufficienti affinché esista un tale vettore di strumenti, ovvero affinché esistano matrici  $K$  e  $L$  in grado di rendere decomponibile il sistema (3.5), sono dimostrate in Aoki-Canzoneri (1979) e sono riassunte nel seguente teorema:

**Teorema 5:** Il sistema (3.5) risulta decomponibile qualora una qualsiasi delle seguenti condizioni equivalenti sia verificata:

- (i)  $B_0 = 0$
- (ii)  $B_0 = 0$  e  $SHG_1 = 0$

$$(iii) \quad B_0 - SHF^{-1}G_1 = 0$$

Prova: si veda Aoki-Canzoneri (1979).

Si noti che queste condizioni sono anche sufficienti per la controllabilità globale degli obiettivi. Si osservi inoltre che, poiché il teorema fornisce solo condizioni sufficienti, esso può portare a delle condizioni eccessivamente restrittive sulla struttura del modello.

La possibilità di controllare gli obiettivi di politica economica in modo che il controllo di uno di essi non penalizzi il controllo degli altri può tuttavia non essere sufficiente a garantire un comportamento indipendente dal lato degli strumenti di politica economica. E' infatti possibile che l'utilizzo di un determinato strumento per controllare un dato obiettivo induca una eccessiva variabilità di un diverso strumento. Risulta quindi rilevante chiederci se esiste la possibilità di associare uno strumento ad un obiettivo senza che ciò abbia effetti negativi sul comportamento degli altri strumenti e obiettivi. La risposta a tale quesito può essere ottenuta analizzando le proprietà di assegnabilità del sistema:

##### 5. Assegnabilità.

Lo strumento  $i$ -esimo viene definito **assegnabile** all'obiettivo  $j$ -esimo se esiste una matrice  $K$  e una matrice **diagonale**  $L$  tali che una regola di politica economica del tipo  $x_{ct} = Kz_{t-1} + Lv_t$  è in grado di trasformare il sistema (3.5) in un sistema di  $m$  equazioni indipendenti.

Poiché la definizione è analoga a quella di decomponibilità, con la sola differenza che la matrice  $L$  deve ora essere diagonale, possiamo derivare le condizioni di assegnabilità a partire dalle condizioni enunciate nel teorema 5. Se infatti vale la (i) del teorema 5, la matrice  $L$  risulta  $L = B_0^{-1}$ , mentre se vale la (ii) si ha  $L = (\overline{HG}_1)^{-1}$ . Se invece vale la (iii) si ha  $L = (B_0 - \overline{HF}^{-1}G_1)^{-1}$  (vedi Aoki-Canzoneri, 1979). Tali considerazioni e la definizione di assegnabilità implicano il seguente teorema:

**Teorema 6.** Dato il sistema (3.5), ciascun strumento appartenente al vettore  $x_{ct}$  risulta assegnabile ad un determinato obiettivo se una delle matrici  $B_0$ ,  $\overline{HG}_1$ ,  $B_0 - \overline{HF}^{-1}G_1$  è diagonale.

Prova: vedi Aoki-Canzoneri (1979).

Nel caso in cui la matrice  $L$  non fosse diagonale, ma risultasse diagonale a blocchi, la condizione di assegnabilità diverrebbe relativa ad un gruppo di strumenti. In altre parole, si potrebbe affermare che un dato gruppo di variabili strumento può essere assegnato ad una data variabile obiettivo.

Va sottolineato che questa condizione, come molte delle condizioni ricavate in questo paragrafo per la controllabilità, stabilità e decomponibilità, non è generalmente soddisfatta anche dai modelli econometrici più semplici. La ragione più comune è che spesso il numero di strumenti è insufficiente per controllare tutte le variabili obiettivo e quindi viene a mancare una necessaria condizione d'ordine per il soddisfacimento di alcune delle condizioni prima proposte. E' inoltre possibile che anche nel caso in cui il numero di strumenti sia sufficiente, la struttura del modello non garantisca il soddisfacimento delle condizioni definite dai teoremi 1-6. Per di più, anche se tali condizioni fossero soddisfatte, risulterebbe difficile costruire un algoritmo per la loro verifica, quando la struttura e la dinamica del modello fossero complesse. Nel caso specifico della presente ricerca si osservi che il modello descritto nel paragrafo 2 è non lineare, cosicché ciascuna condizione può essere verificata solo relativamente ad una particolare linearizzazione del modello.

Inoltre, va sottolineato che i parametri del modello non sono mai conosciuti con certezza, cosicché non è plausibile utilizzare una versione deterministica delle varie condizioni.

Infine, un'autorità di politica economica non richiede in generale che ciascuna condizione sia soddisfatta esattamente, perché ciò potrebbe risultare troppo restrittivo. Per esempio, un dato obiettivo può essere controllato in modo soddisfacente dal punto di vista dell'autorità di politica economica anche se non è esattamente controllabile in base al teorema 3. D'altra parte, alcune condizioni possono risultare troppo poco stringenti. Ad esempio, la stabilità degli strumenti implica che la varianza di ciascun strumento attorno al sentiero desiderato sia finita, ma ciò non implica che tale varianza sia abbastanza piccola da poter essere accettata dall'autorità di politica economica.

Un modo alternativo di verificare controllabilità e decomponibilità degli obiettivi, stabilità e assegnabilità degli strumenti, è quello di effettuare una serie di esperimenti di controllo che hanno lo scopo di mettere in luce le caratteristiche della struttura del modello, anziché quello di determinare la politica

ottimale. E' ovvio che tali esperimenti definiscono le proprietà di controllabilità, stabilità, decomponibilità e assegnabilità in modo diverso da quello prima proposto, in quanto si basano sul calcolo dei *trade-off* tra obiettivi, tra strumenti e tra obiettivi e strumenti, e tali *trade-off* devono essere valutati in modo soggettivo dal policymaker. Inoltre tale valutazione è comunque relativa: ad esempio, si può determinare se un dato strumento può essere controllato più di un altro o se l'*i*-esimo strumento può essere utilizzato meglio per controllare il *j*-esimo obiettivo piuttosto che l'obiettivo *h*-esimo.

Naturalmente, si potranno calcolare molti *trade-off* (per es. tra la controllabilità e la variabilità degli strumenti). Quindi, gli esperimenti di controllo dovranno essere programmati per determinare le caratteristiche di ciascun *trade-off* in modo da ottenere informazioni importanti sulla struttura del modello e sulla corretta specificazione della funzione di costo.

La sequenza degli esperimenti di controllo effettivamente eseguiti e discussi in un successivo paragrafo è basata sulle seguenti assunzioni:

(a)  $Q_1$  e  $Q_2$  sono matrici positive definite, diagonali e invarianti nel tempo, tali che:

$$Q_1 = \begin{vmatrix} \beta_1 I & 0 \\ 0 & \beta_2 I \end{vmatrix} \quad Q_2 = \begin{vmatrix} \gamma_1 I & 0 \\ 0 & \gamma_2 I \end{vmatrix}$$

La ripartizione di  $Q_1$  riflette la ripartizione del vettore  $y_t$  in due sottovettori. Come si vedrà più avanti, il primo sottovettore contiene i tassi di interesse che la politica monetaria vuole stabilizzare, mentre il secondo vettore contiene i differenti aggregati monetari. La ripartizione di  $Q_2$ , d'altra parte, riflette la possibilità di usare due tipi di strumenti. Nel primo sottovettore di  $x_{ct}$  si hanno i tassi di interesse direttamente controllati dall'autorità di politica economica, mentre il secondo sottovettore contiene le variabili di stock controllate dal policymaker. Quindi è possibile verificare quali insiemi di obiettivi possono essere meglio controllati e quale insieme di strumenti è più appropriato per tale fine.

(b) I sentieri desiderati sono assunti invarianti nel tempo, cioè:



$$\bar{y}_t^* = \bar{y}^* \quad \bar{x}_{ct} = \bar{x}_c \quad t = 1 \dots N$$

(c) I parametri del modello non lineare sono costanti ed indipendenti dai cambiamenti di politica economica.

La descrizione degli esperimenti di controllo eseguiti è la seguente:

- Stabilità degli strumenti:

Data la funzione obiettivo da minimizzare, si fissino i pesi relativi agli obiettivi (i  $\beta_i$ ) e i valori desiderati per strumenti e obiettivi nel periodo di pianificazione (le sequenze  $\{\bar{y}_t^*; t=1..N\}$  e  $\{\bar{x}_{ct}; t=1..N\}$ ). Si effettuino quindi una serie di esperimenti di controllo aumentando progressivamente il peso  $\gamma_i$  assegnato allo strumento di cui si vuole verificare la stabilità e lasciando invariato il peso  $\gamma_j$  assegnato all'altro strumento. Ciò permette di ottenere un *trade-off* tra il peso assegnato allo strumento (o gruppo di strumenti)  $i$ -esimo e la variabilità di tale strumento, misurata dalla sua varianza nel periodo di pianificazione  $\sum_{t=1}^N (x_{ct} - \bar{x}_{ct})^2$ . Tale *trade-off*, riportato in un grafico opportuno, se decrescente, segnala la stabilità dello strumento  $i$ -esimo.

- Controllabilità:

Data la funzione obiettivo, i valori desiderati per obiettivi e strumenti e i pesi  $\gamma_i$  assegnati agli strumenti di politica economica, si effettuino una serie di esperimenti di controllo aumentando progressivamente il peso  $\beta_i$  dell'obiettivo (o gruppo di obiettivi) di cui si vuole verificare la controllabilità, assegnando un peso molto basso ai rimanenti obiettivi. Si ottiene così un *trade-off* tra il peso assegnato allo strumento  $i$ -esimo e la sua varianza nel periodo di pianificazione, sotto l'ipotesi che i rimanenti obiettivi non siano controllati. Tale *trade-off*, se negativo, segnala la controllabilità dell'obiettivo  $i$ -esimo.

- Decomponibilità:

Si ripeta la serie di esperimenti utilizzati per verificare la controllabilità dell'obiettivo  $i$ -esimo, assumendo però che gli altri obiettivi siano controllati, vale a dire assegnando un peso molto elevato all'obiettivo (o gruppo di obiettivi)  $j$ -esimo. Si ottengono così due *trade-off*. Uno tra la variabilità dell'obiettivo  $i$ -esimo e il peso ad esso assegnato che fornisce ulteriori informazioni sulla sua controllabilità. Un'altro, più importante, tra il peso assegnato all'obiettivo  $i$ -esimo e la variabilità dell'obiettivo  $j$ -esimo nel periodo di pianificazione. Se al crescere del controllo sull'obiettivo  $i$ -esimo, la varianza dell'obiettivo  $j$ -esimo non cresce, si ha decomponibilità dei due obiettivi. In altre parole, il *trade-off* dovrà essere non crescente. Se decrescente, segnalerà addirittura sinergia tra la controllabilità di un obiettivo e quella di un altro.

- Assegnabilità:

Si effettuino gli esperimenti di controllabilità e decomponibilità utilizzando dapprima lo strumento (o gruppo di strumenti)  $i$ -esimo soltanto e successivamente lo strumento  $j$ -esimo. Si confrontino i vari *trade-off* così ottenuti in modo da individuare se l'obiettivo  $i$ -esimo è più controllabile e decomponibile attraverso lo strumento  $i$ -esimo o attraverso il  $j$ -esimo. Tale confronto permette di definire l'assegnabilità degli strumenti.

#### 4. Lo schema computazionale

Dato il modello econometrico nonlineare brevemente descritto nel paragrafo 2, il problema generale è quello di determinare i valori degli strumenti che minimizzano il valore della funzione di perdita (3.7) su un dato orizzonte temporale (usualmente finito) sotto il vincolo costituito dal modello econometrico. L'algoritmo utilizzato per gli esercizi di controllo ottimo è basato sul concetto di Gradiente Ridotto Generalizzato (GRG), e permette di risolvere il problema di controllo anche con modelli econometrici implicitamente definiti (cioè modelli che non possono essere trasformati in modo tale che i valori correnti delle variabili endogene siano espressi come funzioni *closed form* delle variabili predeterminate). L'algoritmo utilizzato prevede tre tipi di funzioni obiettivo: (a) il primo tipo utilizza una penalizzazione quadratica delle deviazioni tra valori

effettivi e obiettivi; (b) il secondo, una penalizzazione quadratica delle differenze prime di una variabile (la penalizzazione agisce in modo da attenuare la variabilità); (iii) il terzo tipo, una funzione quadratica arbitraria. E' anche possibile considerare una qualsiasi combinazione dei tre tipi di funzione obiettivo.

La versione originale del codice di ottimizzazione è di Norman, Norman e Palash (1975) ed è stata modificata e ampliata da J. Berry (1983). Il codice GRG per la soluzione del modello usa l'algoritmo di Gauss-Seidel (standard o variante di Jacobi) e l'approccio alle differenze finite suggerito da Fair (1974) per ottenere il gradiente ridotto.

Infine, per la determinazione di politiche ottimali con modelli non lineari gli approcci possono essere di due tipi: (a) il primo implica la linearizzazione del modello econometrico intorno a qualche traiettoria e quindi l'applicazione della teoria del controllo standard per sistemi lineari (vedi Chow, 1981) il secondo approccio è collegato alla teoria dell'ottimizzazione vincolata: un funzionale di costo (quadratico o di altro tipo) è minimizzato rispetto ai vincoli posti dal modello non lineare. In questo lavoro si è utilizzato il secondo approccio e ciò ha implicato la soluzione di una serie di problemi computazionali che per ragioni di brevità, non possono qui essere esaminati.

##### *5. Risultati degli esperimenti di controllo: controllabilità degli obiettivi intermedi della politica monetaria*

In questo paragrafo verranno discussi i risultati di una prima serie di esperimenti di controllo eseguiti sul modello del mercato monetario e finanziario precedentemente descritto. Si è utilizzata una tecnica di controllo non lineare per massimizzare la funzione obiettivo (3.7) sotto il vincolo costituito dal modello presentato nel secondo paragrafo. Si è scelto di utilizzare il periodo 1982-1984 come periodo di pianificazione, in modo da poter confrontare la performance delle politiche determinate risolvendo il problema di controllo ottimo con quella delle politiche effettivamente messe in atto in tale periodo. Risultati che estendano l'analisi al periodo successivo sono in via di ottenimento.

Il primo insieme di obiettivi contiene gli aggregati monetari M1, M2, M3 e gli impieghi bancari a breve termine (CBL) e l'importanza di tali obiettivi viene parametrizzata dal coefficiente  $\beta_1$ . Il secondo insieme di obiettivi contiene la struttura dei tassi di interesse ed include il tasso di interesse sui conti correnti (RDCC),

sui depositi a risparmio (RDR), sugli impieghi bancari (RCL), sulle obbligazioni delle imprese (RBIN), sui depositi interbancari (RINTB) e sulle obbligazioni degli Istituti di Credito Mobiliari (RBIM). Il peso assegnato nella funzione obiettivo a questo insieme di obiettivi è definito da  $\beta_2$ .

Il tasso di crescita desiderato per gli obiettivi è stato fissato al 13% per M1, M2, M3 e all' 8% per CBL. Il sentiero desiderato corrisponde all'andamento medio degli aggregati monetari nel periodo di controllo, scelto dal Gennaio 1982 al Dicembre 1983. Si vuol quindi verificare se sia possibile determinare una politica monetaria che induca gli aggregati monetari a percorrere un sentiero più stabile rispetto a quello storicamente verificatosi o a quello simulato.

Per i tassi di interesse, non è stato specificato un sentiero desiderato, ma si è scelta una funzione obiettivo tale che qualsiasi tasso di variazione non nullo nei tassi di interesse sia penalizzato. In altre parole, si richiede che il sentiero ottimale dei tassi di interesse sia poco variabile.

La stessa soluzione è stata adottata per gli strumenti di politica economica, in modo tale da determinare una politica monetaria ottimale che non dipenda da un'alta variabilità dei controlli.

La Tabella 1 contiene i valori storici e simulati degli errori quadratici medi (MSE) relativi agli obiettivi intermedi; questi indici serviranno da termini di confronto con analoghi indici ottenuti dagli esperimenti di controllo al fine di misurare l'efficacia delle soluzioni di controllo rispetto al comportamento effettivo (o simulato) del sistema economico.

Sono stati considerati due gruppi di strumenti di politica economica. Il primo insieme contiene il tasso di sconto (RD) e il tasso sui Buoni del Tesoro a tre mesi (RBOT), mentre il secondo insieme contiene le riserve non prestate (RNBG) e lo stock complessivo di buoni del tesoro (BOTTG). Si è voluto quindi verificare se è preferibile controllare gli obiettivi intermedi con strumenti definiti in termini di tassi o in termini di aggregati monetari. Per valutare l'assegnabilità di ciascun gruppo di strumenti ad un dato gruppo di obiettivi si sono effettuati gli esperimenti di controllo dapprima utilizzando come strumenti il tasso di sconto e il tasso sui Buoni del Tesoro e successivamente le riserve non prestate e lo stock di Buoni del Tesoro. In entrambi i casi sono stati considerati come obiettivi intermedi sia gli aggregati monetari che la struttura dei tassi di interesse.

I risultati relativi agli esperimenti di controllo eseguiti sono riportati nelle Tabelle 2-6.

(a) Primo gruppo di strumenti: RD e RBOT.

La stabilità di questo gruppo di strumenti può essere verificata leggendo i valori riportati nella Tab. 2 che contiene i risultati degli esperimenti del primo tipo descritti nella sezione 3. Si può notare che, all'aumentare dei pesi assegnati ai cambiamenti della variabile RD, gli indici MSE per RD mostrano un comportamento parabolico. Al contrario, all'aumentare dei relativi pesi, la variabilità di RBOT diminuisce. In ogni caso, è evidente che, all'aumentare dei pesi  $\gamma_1$ , sia il valore minimo della funzione obiettivo, che la parte di essa imputabile alla variabilità degli strumenti, indicata da H, aumentano. Ciò si spiega con il fatto che RBOT è stabile anche quando  $\gamma_1$  è basso e RD è sempre molto instabile. Quindi, variazioni in  $\gamma_1$  non modificano la stabilità degli strumenti di politica economica ed incrementano i valori dei relativi costi.

Questi primi risultati sembrano indicare la scarsa efficacia dello strumento RD che è costretto ad essere altamente variabile per controllare gli obiettivi. Ulteriori informazioni sulla efficacia delle variabili di politica economica sono contenute nella Tabella 3. In essa si mette in evidenza il grado di controllabilità di ciascun obiettivo. Infatti gli esperimenti di controllo sono eseguiti o sugli aggregati monetari o sui tassi di interesse. E' facile osservare che i due strumenti di politica economica presi in considerazione riescono a stabilizzare ampiamente la struttura dei tassi di interesse, ma la loro efficacia sugli aggregati monetari è veramente bassa.

Anche quando sono assegnati pesi molto rilevanti a questo insieme di obiettivi, la variabilità degli aggregati monetari rimane alta. Tuttavia, mentre all'aumentare dei pesi  $\beta_1$ , M2 e CBL diventano sempre più controllabili, ciò non si verifica per M1 e M3. In particolare, la variabilità di M1 aumenta all'aumentare dei relativi pesi, rendendo evidente quindi la difficoltà di controllare questo aggregato monetario.

D'altra parte, quando i pesi  $\beta_2$  aumentano, la variabilità dei tassi di interesse è molto bassa e fortemente decrescente fino a raggiungere valori molto più bassi di quella storica.

Pertanto, i risultati ottenuti indicano, per quanto riguarda la controllabilità dei tassi di interesse, la possibilità di determinare una politica monetaria ottimale preferibile alla politica effettivamente perseguita. Al contrario, gli aggregati monetari risultano scarsamente controllabili.

Questo risultato è confermato dai valori riportati nella Tab. 4. Poiché si è mostrato che i tassi di interesse sono ben controllabili,

si vuol verificare se la controllabilità dei tassi di interesse può essere combinata con la controllabilità, seppur scarsa, degli aggregati monetari. In altre parole, si vuole studiare la decomponibilità del vettore di obiettivi. La Tab. 4 rende evidente che quando sia gli aggregati monetari che i tassi di interesse sono soggetti al controllo, la controllabilità degli aggregati monetari non migliora, mentre viene ridotta altamente la controllabilità dei tassi di interesse. Quindi il vettore degli obiettivi non è decomponibile ed ancora una volta gli aggregati monetari si dimostrano non controllabili.

Infine, la Tab. 5 mostra il massimo *trade-off* tra tassi di interesse ed il cammino desiderato per gli aggregati monetari; (quando il sentiero di crescita desiderato per M1, M2, M3 è del 10%, il sentiero di crescita desiderato per CBL è del 6%; quando invece è del 16% per M1, M2, M3, il tasso di crescita desiderato per CBL diventa del 10%). Mentre il tasso di interesse è relativamente libero di variare, viene assegnato un peso molto rilevante agli aggregati monetari (vedi Chow, 1981). I risultati ottenuti mostrano che questo *trade-off* è decrescente per RDCC, RDR e RBCR, cosicché si riconferma la difficoltà di controllare contemporaneamente i tassi di interesse e gli aggregati monetari.

Si può osservare un comportamento leggermente diverso per RBIM, RINTB, RBIN che sono molto meno influenzati da un incremento del tasso di crescita desiderato degli aggregati monetari e che mostrano un *trade-off* parabolico. Questo fatto può essere spiegato dalla struttura a blocchi del modello che implica la determinazione simultanea di M1, M2, M3 ed RDCC, RDC, RBCR. Per contro, gli altri tassi di interesse appartengono all'altro blocco del modello.

I risultati della Tab. 5 provano in modo chiaro che il vettore degli obiettivi non è decomponibile e che si verifica effettivamente il *trade-off* tipico tra la controllabilità degli aggregati monetari e dei tassi di interesse.

In particolare, quando viene aumentato il grado di controllabilità desiderato ( $\beta_i$  aumenta,  $i=1,2$ ), gli strumenti di politica economica divengono sempre più stabili se si assumono i tassi di interesse come variabili obiettivo e sempre più instabili quando variabili obiettivo sono gli aggregati monetari.

Quando si considerano congiuntamente entrambi gli obiettivi, la variabilità degli strumenti aumenta, ma rimane al di sotto di quella che si ha nel caso in cui si controllano solo gli aggregati monetari. Ciò rende evidente ancora una volta che gli strumenti di politica economica non hanno efficacia rispetto agli aggregati monetari. Inoltre, il tasso di sconto si è rivelato meno efficace che il tasso sui

BOT a tre mesi.

Possiamo riassumere i risultati ottenuti utilizzando RD e RBOT come strumenti di politica economica nel modo seguente:

- a) il tasso di sconto non è uno strumento efficace di politica economica;
- b) gli aggregati monetari, in particolare M1 e M3, possono essere scarsamente controllati;
- c) i tassi di interesse possono essere controllati in modo preciso ed esiste una politica di controllo ottimale che fornisce risultati migliori rispetto alla politica effettiva;
- d) il vettore degli obiettivi non è disaccoppiabile ed esiste un trade-off tra la controllabilità degli aggregati monetari e la controllabilità dei tassi di interesse;
- e) il tasso di interesse sui buoni del tesoro a tre mesi è uno strumento di politica economica stabile ed efficace.

(b) Secondo gruppo di strumenti: RNB e BOTT.

Utilizziamo ora, come strumenti di politica economica, due aggregati finanziari: le riserve non prestate (RNB) e lo stock di Buoni del Tesoro (BOTT). I risultati in questo caso non sono soddisfacenti e, prima ancora che la scarsa utilità degli strumenti qui impiegati, mettono in evidenza alcune carenze nella specificazione del modello. I valori riportati nella Tab. 6 sottolineano la grande instabilità dello strumento BOTT rispetto alle riserve non prestate. Inoltre, gli esperimenti di controllo volti ad analizzare controllabilità e decomponibilità degli obiettivi (le relative tabelle sono omesse per ragioni di spazio) sembrano indicare l'inefficacia dei due strumenti sia rispetto agli obiettivi intermedi rappresentati dagli aggregati monetari sia rispetto ai tassi di interesse. Questo è dimostrato da numerosi esperimenti di controllo che forniscono valori di MSE per ogni obiettivo che non sono influenzati dal cambiamento dei pesi assegnati a ciascuno di essi.

La spiegazione di questo risultato va ricercata ancora una volta nella struttura del modello. Infatti, il meccanismo di trasmissione incorporato nel modello strutturale è incentrato sulla struttura dei tassi di interesse ed esistono legami molto tenui tra gli aggregati monetari. Ciò rende inefficaci strumenti di politica monetaria definiti in termini di aggregati monetari. Gli esperimenti di controllo mettono in evidenza come il modello sia caratterizzato da due blocchi pressoché indipendenti, per cui RNB e BOTT, che appartengono al primo blocco, non influenzano significativamente le variabili che appartengono al secondo blocco (tra cui M1, M2, M3 e la struttura dei tassi di interesse). Si noti che anche RD e RBOTT



appartengono a tale secondo blocco, il che spiega i risultati del paragrafo precedente.

Possiamo quindi concludere evidenziando l'importanza degli esperimenti di controllo nel mettere in rilievo la vera natura dei legami tra le variabili del modello che la complessità della forma strutturale tende ad oscurare.

Le osservazioni precedenti rendono inoltre difficile un'analisi affidabile del problema dell'assegnabilità. I risultati prima ottenuti, sembravano indicare la possibilità di assegnare il tasso di sconto e il tasso sui BOT a tre mesi al controllo della struttura dei tassi di interesse, vista anche la loro scarsa efficacia nei confronti degli aggregati monetari. I risultati ora illustrati sembrano confermare tale conclusione, data l'inefficacia di riserve non prestate e stock di titoli del tesoro nel controllare sia la struttura dei tassi che gli stocks di moneta. Tuttavia, i rilievi prima mossi alla specificazione del modello rendono dubbia tale conclusione, che necessiterebbe quindi di un ulteriore approfondimento.

**Tab. 1: Scarto quadratico medio per strumenti e obiettivi**

a) Strumenti di politica economica

	RBOT	RD	Totale
Storico	1.50	.69	2.19
Simulato	3.85	2.82	6.67

b) Aggregati monetari (obiettivi)

	M1	M2	M3	CBL	Totale
Storico	8.22	7.98	.79	4.42	21.41
Simulato	10.69	7.84	.90	11.67	31.10

c) Tassi di interesse (obiettivi)

	RDCC	RDR	RBCR	RBIM	RINTB	RBIN	Totale
Storico	.22	.32	1.45	1.76	1.03	2.51	7.29
Simulato	.48	.44	2.88	6.95	3.03	1.27	15.04



**Tab. 2: Instabilità degli strumenti**

$\gamma_1$	RBOT	RD	V	H	V-H
.1	3.55	56.57	2556.7	11.20	2545.5
.5	2.42	62.23	2605.9	23.99	2581.9
1.0	1.80	62.50	2645.4	42.69	2602.7
5.0	1.31	55.41	2854.5	171.49	2683.0

**Tab. 3: Controllabilità**

(i) Aggregati monetari ( $\beta_2 = .001$ )

$\beta_1$	M1	M2	M3	CBL	Totale
1.	6.91	3.72	9.07	3.15	22.85
10	7.89	2.25	8.46	1.81	20.41
50	7.86	2.38	8.06	1.85	20.15
100	7.48	2.10	8.44	1.33	19.35

(ii) Strumenti di politica economica

$\beta_1$	RBOT	RD	Totale
1	1.41	40.39	41.80
10	1.47	66.11	67.58
50	11.06	81.65	92.71
100	17.51	88.55	106.06

(iii) Tassi di interesse ( $\beta_1 = .001$ )

$\beta_2$	RDCC	RDR	RBCR	RBIM	RINTB	RBIN	Totale
1	.069	.037	.196	.213	.261	.1120	.888
10	.013	.008	.076	.017	.032	.0030	.149
50	.011	.007	.067	.038	.028	.0010	.152
100	.009	.006	.061	.030	.047	.0001	.153

(iv) Strumenti di politica economica

$\beta_2$	RBOT	RD	Totale
1	.81	.036	.846
10	.03	.049	.079
50	.03	.079	.109
100	.01	.071	.081

**Tab. 4: Decomponibilità**

(i) Aggregati monetari ( $\beta_2 = 100.$ )

$\beta_1$	M1	M2	M3	CBL	Totale
1	5.69	4.29	10.15	11.47	31.60
10	6.68	4.13	9.13	2.43	22.37
50	7.70	3.12	8.23	1.98	21.03
100	7.64	2.66	8.49	1.52	20.31
500	7.67	2.20	8.09	1.37	19.33

(ii) Strumenti di politica economica

$\beta_1$	RBOT	RD	Totale
1	.95	13.89	14.84
10	1.18	39.69	40.87
50	1.72	53.81	55.33
100	2.75	61.11	63.86
500	20.06	72.75	92.81

(iii) Tassi di interesse ( $\beta_1 = 100.$ )

$\beta_2$	RDCC	RDR	RBCR	RBIM	RINTB	RBIN	Totale
1	6.22	5.82	22.76	.26	14.28	.52	49.86
10	5.93	5.60	21.51	.16	9.91	.31	43.42
50	5.39	5.09	18.75	.12	4.22	.14	33.71
100	5.12	3.99	17.80	.14	2.61	.13	29.79
500	3.75	3.50	13.07	.43	.76	.33	21.84

(iv) Strumenti di politica economica

$\beta_2$	RBOT	RD	Totale
1	17.55	90.59	108.14
10	11.14	82.38	93.52
50	4.79	64.71	69.50
100	2.75	61.11	63.86
500	1.44	44.90	46.34

**Tab. 5: Trade-offs tra obiettivi ( $\beta_1 = 100, \beta_2 = 10$ )**

(i) Tassi di Interesse

Livello obiett.	RDCC	RDR	RBCR	RBIM	RINTB	RBIN	Totale
10	29.3	27.0	74.26	12.79	82.41	18.65	284.43
13	5.51	5.13	20.99	2.13	72.08	3.51	109.35
16	4.34	4.95	10.06	14.08	128.35	17.41	179.19

(ii) Strumenti di politica economica

Livello obiett.	RBOT	RD	Totale
10	150.104	334.877	484.981
13	339.607	83.169	422.776
16	25779.100	23.539	6002.639

**Tab. 6: Instabilità degli strumenti**

$\gamma_2$	RNBG	BOTTG	V	H	V-H
.1	6.917	180.289	403273.	40.200	403232.800
.5	6.897	180.276	401842.	200.584	401641.416
1.0	6.889	180.259	401470.	399.923	401070.077
5.0	6.710	179.984	385269.	1929.14	383339.860
50.0	6.986	178.255	439995.	17928.6	422066.400

## 5. Conclusioni.

Dalla precedente analisi possono essere desunte alcune prime conclusioni, anche se ulteriori esperimenti di controllo sono certamente necessari per una loro definitiva conferma. In particolare, al fine di ottenere un'analisi più completa del problema dell'assegnabilità degli strumenti, si dovranno utilizzare altri insiemi di variabili di politica economica atti al controllo di obiettivi intermedi.

Va inoltre sottolineato che i risultati già ottenuti (in particolare quando le riserve non prestate sono utilizzate come strumento di politica economica) indicano la possibilità di specificazione incompleta od imperfetta del modello. La sua struttura deve quindi essere nuovamente verificata ed eventualmente rispecificata.

In ogni caso, si possono ricavare alcune conclusioni sul ruolo della politica monetaria. Anzitutto, è confermata la difficoltà di controllare gli aggregati monetari congiuntamente ai tassi di interesse e si è dimostrata la rilevanza del *trade-off* tra la controllabilità degli aggregati monetari e la controllabilità dei tassi di interesse.

Inoltre, la teoria del controllo si è dimostrata un importante strumento per determinare la politica economica ottimale poiché, qualora solo i tassi di interesse vengano scelti come obiettivi, la regola di politica ottenuta dagli esperimenti risulta essere migliore della politica monetaria effettiva.

Le conclusioni di questo lavoro vanno certamente considerate come preliminari, ma evidenziano soprattutto le potenzialità della metodologia impiegata sia dal punto di vista econometrico che dal punto di vista della politica economica.

## BIBLIOGRAFIA

- Anderson, R.G. - R.H. Rasche (1982), "What Do Money Market Models Tell Us About How to Implement Monetary Policy", *Journal of Money Credit and Banking*, 14, 796-828
- Aoki, M. (1974), "Non Interacting Control of Macroeconomic Variables", *Journal of Econometrics*, 2, 261-281.
- Aoki, M. - M. Canzoneri (1979), "Sufficient Conditions for Control of Target Variables and Assignment of Instruments in

- Dynamic Macroeconomic Models", *International Economic Review*, 605-616.
- Berry, J. (1984), "Optimal Control with Modeleasy", Federal Reserve Bank, Washington, mimeo.
- Box, G.E.P. - G.M. Jenkins (1976), *Time Series Analysis: Forecasting and Control*, Holden Day, San Francisco, 2nd. edition.
- Calliari, S. - A. Sironi (1984a), "Un Modello Econometrico Mensile dei Mercati Monetari e degli Impieghi Bancari", vers. 84.3, Banca Commerciale Italiana.
- Calliari, S. - A. Sironi (1984b), "Un Modello Econometrico Mensile dei Mercati Monetari e degli Impieghi Bancari", vers. 84.5, Banca Commerciale Italiana
- Carraro, C. (1984), "Modelli Econometrici e Funzioni di Reazione della Politica Economica", *Ricerche Economiche*, 38, 412-441.
- Clinton, K. - P. Masson (1975), "A Monthly Model of the Canadian Financial System" Technical Report 4, Department of Banking and Financial Analysis, Ottawa, Bank of Canada.
- Chow, G.C. (1975), *Analysis and Control of Dynamic Economic Systems*, J.Wiley, New York
- Chow, G.C. (1981), *Econometric Analysis by Control Methods*, J.Wiley, New York.
- Fair, R.C. (1974), "On the Solution of Optimal Control Problems as Maximization Problems", *Annals of Economic and Social Measurement*, 3, 667-677.
- Farr, H.T. (1981), "The Monthly Money Market Model", Revised July, 1981. Econometric and Computer Applications Section, Washington, D.C.: Board of Governors of the Federal Reserve System.
- Holbrook, R.S. (1972), "Optimal Economic Policy and the Problem of Instrument Instability", *American Economic Review*, 62, 57-65.
- Kailath, T. (1980), *Linear Systems*, Prentice Hall, Englewood Cliffs.
- Judd J.P. (1983), "A Monthly Model of the Money and Bank Loan Markets." Working Papers in Applied Economic Theory and Econometrics, San Francisco, Federal Reserve Bank of San Francisco.
- Lombra, R.E. - R.G. Torto (1975), "Measuring the Impact of Monetary and Fiscal Actions: A New Look at the Specification Problem." *Review of Economics and Statistics*, 56, 104-107.
- Norman, A. - M.R. Norman - C. Palash (1974), "On the Computation of Deterministic Optimal Macroeconomic Policy", Working Paper 7407, Federal Reserve Bank of New York.

- Pierce, J.L. (1974), "Quantitative Analysis for Decisions at the Federal Reserve", *Annals of Economic and Social Measurement*, 3, 11-19.
- Pindyck, R.S. - S.M. Roberts (1974), "Optimal Policies for Monetary Control", *Annals of Economic and Social Measurement*, 1, 207-238.
- Pindyck, R.S. - S.M. Roberts (1976), "Instruments, Intermediate Targets and Monetary Controllability", *International Economic Review*, 627-650.
- Preston, A.J. - A. Pagan (1982), *The Theory of Economic Policy*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Preston, A.J. - E. Sieper (1977), "Policy Objectives and Instrument Requirements for a Dynamic Theory of Policy", in *Applications of Control Theory for Economic Analysis*, Pitchford, O. - Turnovsky, S.J. (eds.), North Holland, Amsterdam.
- Tinsley, P., H. Farr, G. Fries, B. Garrett, P. von zur Muelhen (1982), "Policy Robustness: Specification and Simulation of a Monthly Money Market Model", *Journal of Money, Credit and Banking*, 14, 829-856.
- Thomson, T.D. - J.L. Pierce - R.T. Parry (1975), "A Monthly Money Market Model" *Journal of Money, Credit and Banking*, 7, 411-442.
- Turnovsky, S.J. (1974), "Stability Properties of Optimal Economic Policies", *American Economic Review*, 136-147.