



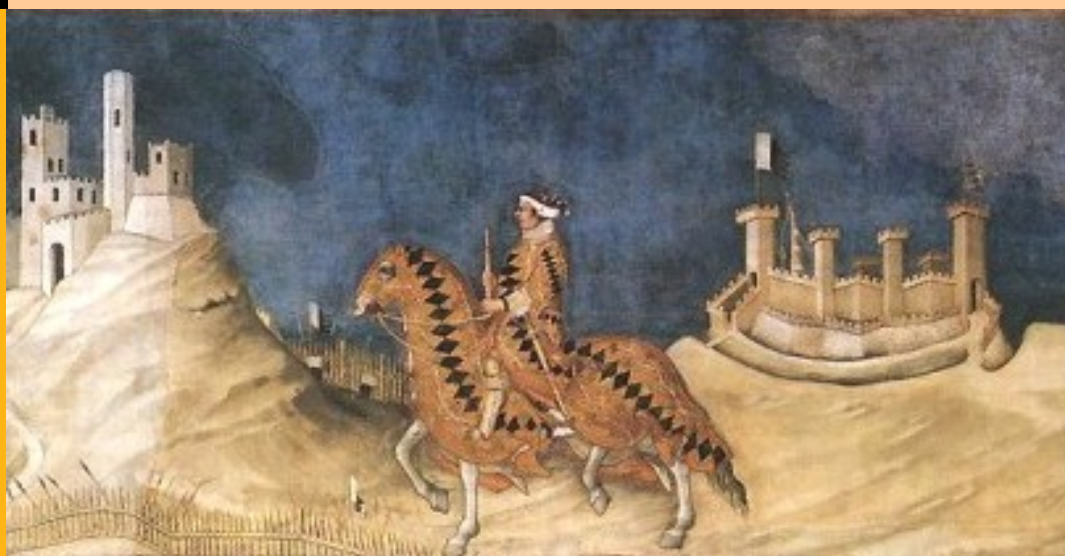
UNIVERSITÀ  
DI SIENA  
1240

**QUADERNI DEL DIPARTIMENTO  
DI ECONOMIA POLITICA E STATISTICA**

**Loreno Cecconi**

Capitalismo, Politica Economica e variabili lente e veloci

**n. 726 – Gennaio 2016**



## **Sommario**

In questo paper analizziamo il problema della intensità e dei tempi di diffusione nel sistema macroeconomico dei provvedimenti di politica economica da parte del Governo, concentrandosi su quelli di tipo indiretto. Cerchiamo di mostrare come tali effetti e velocità di diffusione dipendano in modo cruciale dal comportamento degli agenti economici che agiscono spesso indipendentemente gli uni dagli altri alla ricerca del massimo tornaconto personale. La natura conflittuale del sistema economico capitalista non ci permette di fare particolari predizioni sull'efficacia dei suddetti provvedimenti, in quanto il Governo ha una scarsa capacità di controllo sulle azioni degli agenti privati. Quindi nulla può essere detto prima se gli obiettivi che il Governo persegue saranno raggiunti. Un esempio tipico, è l'utilizzo di strumenti di controllo dei livelli di inquinamento ambientale, nei confronti dei quali nutriamo uno scetticismo latente. Per mostrare la nostra profonda cautela, utilizziamo il concetto di sistema complesso come composto da subsistemi ciascuno collegato agli altri attraverso relazioni di tipo non-lineare la cui forma matematica è spesso sconosciuta. Inoltre viene utilizzato il concetto di sinergetica e il principio delle variabili lente e veloci (slaving principle). In particolare mostriamo anche che, quando l'evoluzione di un sub-sistema è di tipo logistico, essa può dare origine a dinamiche caotiche che possono estendersi anche agli altri sub-sistemi e al sistema complessivo. Le nostre argomentazioni si basano anche mediante l'uso di alcuni modelli espressi nella maggior parte dei casi nella forma di equazioni differenziali.

## **Parole Chiave**

Provvedimenti del Governo. Coefficiente di reazione. Velocità di diffusione. Sistema complesso e sub-sistemi. Interconnessione fra sub-sistemi e principio della sinergetica. Variabili lente e veloci. Struttura capitalistica e conflitto sociale. Dinamica caotica. Equazioni differenziali. Stabilità ed instabilità dei punti di equilibrio. Inquinamento ambientale, carbon-tax e sussidi.

## **Codici JEL**

E03 – F64 – F62 – H3 – P1 – C62.

# CAPITALISMO, POLITICA ECONOMICA E VARIABILI LENTE E VELOCI.

LORENO CECCONI

Ph.D. DEPS Università di Siena

## INTRODUZIONE

Scopo di questo scritto è analizzare i problemi connessi con la diffusione dei provvedimenti di politica economica da parte del Governo in un sistema economico di tipo capitalista. Per provvedimenti si intendono qui soprattutto quelli di tipo indiretto, ovvero quelli che dovrebbero stimolare certi comportamenti nei vari soggetti economici privati per fare in modo che si raggiungano determinati obbiettivi che il Governo si è prefisso. La questione non è di poco conto e il raggiungimento dei desiderati obbiettivi non è certo scontato a prescindere. La ragione fondamentale di tali incertezze risiede soprattutto, a mio parere, nella complessità che i sistemi economici contemporanei presentano e nel fatto che tali sistemi sono composti da una serie di sub-sistemi la gran parte dei quali più o meno interconnessi fra loro da relazioni di tipo non-lineare e la cui forma analitico-matematica può essere definita, nella maggior parte dei casi, solo a livello molto generale e non specifico. Questa generalità non ci permette, purtroppo, di definire con una certa precisione l'esatta dinamica di ogni sub-sistema e, di conseguenza, la dinamica degli altri sub-sistemi che sono connessi con un determinato sub-sistema che subisce, ad esempio, una improvvisa variazione nella sua dinamica temporale in conseguenza di una variazione nei parametri fondamentali che definiscono tale dinamica. Non solo l'improvvisa variazione nella dinamica di un sub-sistema può comportare una variazione più o meno intensa negli altri sub-sistemi, ma tali susseguenti variazioni possono a loro volta causare una sorta di "variazione di ritorno" nel sub-sistema che ha originato l'iniziale mutamento dinamico. Ciò può dar luogo ad una serie di variazioni dinamiche concatenate, con conseguenti successive biforcazioni nella dinamica generale del sistema, il cui effetto finale sul sistema globale è profondamente incerto. In tali sistemi complessi, la dinamica globale viene definita non dalla semplice somma delle dinamiche dei singoli sub-sistemi, ma è il risultato del fitto intreccio di rapporti che legano fra di loro tali sub-sistemi. Tale fenomeno, se messo in relazione con quanto detto all'inizio in merito alla efficacia o meno di provvedimenti di politica economica indiretti da parte del Governo, spiega perché sorge più di un dubbio riguardo a tale efficacia soprattutto quando sono i soggetti privati che dovrebbero mostrare un certo comportamento desiderato dai *policy-makers* come reazione a tali provvedimenti. Non solo non si conoscono a priori tali comportamenti spesso dettati da interessi configgenti fra loro, anche se si possono fare molte ipotesi in merito ad essi ma in modo molto generale, ma non si conoscono nemmeno i tempi di diffusione nel sistema macroeconomico degli effetti dei suddetti provvedimenti ammesso che tali effetti si producano realmente. La questione qui accennata riguarda il problema delle cosiddette variabili lente e veloci, *slow and fast variables*, che analizzeremo nel seguito di questo lavoro. La nostra attuale incertezza e scarsa fiducia in tali provvedimenti di politica economica, risiede non nella mancanza di fiducia di tipo aspettative razionali. Noi non crediamo alla favoletta degli agenti razionali in grado di prevedere ed anticipare qualunque provvedimento di politica economica, tale da renderla totalmente inefficace per

definizione. I nostri dubbi, e quindi, la scarsa fiducia in tali provvedimenti, deriva fondamentalmente dalla percezione che la complessità del sistema, caratterizzata soprattutto da rapporti economico-sociali di tipo capitalistico, rende incerto il comportamento dei vari agenti economici ciascuno operante per il proprio tornaconto personale, senza nessuna mano invisibile che aggiusti il tutto al fine del bene generale. Ad esempio, se adoperassimo la finzione dell'agente rappresentativo è come se tutti avessero le stesse motivazioni economiche e lo stesso approccio psicologico nell'affrontare un determinato problema. L'invenzione dell'agente rappresentativo rappresenta una utile scappatoia per eliminare il problema delle motivazioni spesso in conflitto dei vari agenti economici che operano in una struttura di tipo capitalistico. Essa identifica in un elemento di natura praticamente tecnica e svuotato di qualunque significato sociale e storico, un elemento che invece ha una sua specificità economico-storico-sociale e che è soggetto anche a cambi violenti ed improvvisi, quando cambia il contesto in cui si trova adoperare. Molto probabilmente, infatti, anche le motivazioni del consumo fra un consumatore-capitalista e un consumatore-lavoratore, sono diverse almeno in quelle non strettamente legate alla pura sopravvivenza fisica. La stessa composizione qualitativa del consumo, anche quello di sussistenza, è anch'essa sicuramente diversa. Parlare di agente rappresentativo nel consumo, quando vi sono diversi tipi di consumatori, è un fattore che non contribuisce a comprendere la dinamica del più generale fenomeno del consumo. Quindi, quanto più sono gli agenti con motivazioni diverse, quanto più sono i sub-sistemi di cui si compone il sistema complesso, quanto più complesso è il sistema e quindi la definizione della sua dinamica globale. La stessa dinamica del conflitto sociale fra classi sociali che caratterizza un sistema di tipo capitalista, conferisce un carattere di estrema complessità al sistema che è praticamente impossibile a formalizzare sul piano di un modello matematico. Tale dinamica è soggetta ad una infinità di variabili di natura economica, sociale, politica, storica e quant'altro si possa considerare. Il risultato di questo complesso intreccio di elementi soggetto a forte incertezza, è indecifrabile ed è probabilmente dipendente dal particolare contesto storico in cui l'analisi si svolge e dal livello dei rapporti di forza che intercorrono fra i vari soggetti e che caratterizzano tale periodo. Tornando ai provvedimenti del Governo, l'operatore privato non è costretto a reagire a tali provvedimenti nel modo desiderato dal Governo, a meno che non intervengano provvedimenti legislativi di tipo obbligatorio. Per quanto riguarda gli investimenti, ad esempio, nessuno è obbligato ad investire anche in presenza di forti incentivazioni predisposte dal Governo se le aspettative di profitto sono negative. Non possiamo muovere contestazioni a queste motivazioni, se non si muovono contestazioni al sistema di cui quelle motivazioni sono parte integrante, ovvero ne sono la vera anima profonda. Senza quelle motivazioni il sistema non esisterebbe, ovvero ne esisterebbe un altro profondamente diverso. La psicologia che sottostà alle decisioni di investimento degli operatori privati credo sia una delle questioni più complesse da comprendere di tutta la teoria economica. Le motivazioni possono essere mutevoli anche in periodi molto brevi e questo carattere di grande volatilità nelle decisioni degli imprenditori rende altamente aleatoria tutta la questione dell'accumulazione di capitale. Lange, per esempio, dà grande rilievo nella questione della riproduzione alla mutevolezza dei rapporti sociali: "Il variare del sistema dei rapporti sociali influenza il processo di riproduzione in due modi: in primo luogo gli conferisce una forma specifica e, in secondo luogo, con il cambiamento dei rapporti sociali entro cui si svolge il processo di produzione, si aggiungono alle

leggi di bilancio tecnico altre relazioni fondamentali, connesse con i rapporti sociali. Così, ad esempio, in condizioni capitalistiche, il carattere e la dimensione della riproduzione dipendono dai profitti che ci si attende. La riproduzione allargata, quindi, si ritrova innanzitutto nei settori della produzione che si segnalano per un'elevata redditività. Un settore della produzione che non dà profitto subisce una contrazione graduale o viene liquidato. In un'economia socialista i fattori che determinano la dimensione della riproduzione sono completamente diversi. Nell'economia socialista la riproduzione è decisa dal piano, fondato su premesse che non sono gli incentivi che decidono dello sviluppo dell'economia capitalista" (Lange O. , trad.it. 1979, pag. 15). Dunque, in assenza di vincoli di legge che impongano determinati comportamenti, vi è una scarsa capacità di controllo del *policy-maker* su tali comportamenti, e ciò non ci permette di fare previsioni, anche se con limitata certezza, sugli effetti dei vari provvedimenti nel raggiungimento degli obiettivi finali. Queste osservazioni critiche non significano che i provvedimenti di politica economica siano totalmente inefficaci. Innanzitutto occorre considerare se essi sono temporanei o duraturi. Se sono temporanei essi possono anche avere una certa efficacia nell'immediato, ma occorre considerare cosa può accadere nel momento in cui tali provvedimenti cessano. Nessuno garantisce che certi effetti continuino a prodursi. Ma anche se sono duraturi non è detto che la loro efficacia sia permanente, in quanto l'effetto iniziale può anche andare affievolendosi nel tempo fino, in alcuni casi, a scomparire. In un lavoro precedente (Cecconi L., 2015, pag. 147 e seg.) abbiamo analizzato, nell'ambito di modelli integrati economia-ambiente, gli scarsi risultati ottenibili dalla imposizione di una carbon-tax sulle emissioni di CO<sub>2</sub> quando le decisioni di produzione in conseguenza di tale imposizione sono soggette ad un aumento del costo fisso medio dovuto ad una diminuzione nella produzione stessa se si vuole evitare di pagare la tassa. L'incertezza nelle reazioni dei produttori non ci permette di fare molte congetture sul raggiungimento più o meno pieno degli obiettivi fissati dal Governo. Infatti, se i produttori pagano la carbon-tax in quanto per loro più conveniente di una diminuzione della produzione, essi possono continuare nel precedente livello di emissioni, vanificando quindi il raggiungimento degli obiettivi sperati. Per poter avere un po' più di certezza su tali effetti bisognerebbe conoscere la struttura e la dimensione quantitativa dei costi fissi per lo meno nei settori industriali più importanti e caratterizzati da investimenti in capitale fisso di notevole quantità (es. settore chimico, industria dell'acciaio, industria automobilistica), ed anche, almeno, delle imprese più grandi e più rappresentative per ogni settore. Non è poi detto che siano solo le imprese più grandi ad inquinare. Anche le imprese più piccole possono contribuire in una certa misura all'accumulo dello stock di inquinante, e quindi sarebbe necessaria anche la conoscenza della loro struttura dei costi fissi. Anzi, può anche darsi che tali imprese di più piccole dimensioni, avendo di solito minori disponibilità finanziarie, abbiano anche più scarse possibilità di adottare tecnologie più moderne e meno inquinanti. Ma anche questa è una supposizione. Solo una analisi concreta della realtà può permetterci una stima più precisa di tale fenomeno. La questione non è certo di scarso rilievo e dimostra l'estrema incertezza sugli effetti finali della imposizione di una carbon tax sulla emissione di sostanze inquinanti. Vediamo il possibile effetto sopra delineato con un semplice esempio numerico. Supponiamo inizialmente che le imprese abbiano un costo fisso medio costante, indipendente dal livello dell'output. Facciamo l'esempio di un'impresa che ha un output di 100, emissioni di 100 e un profitto unitario netto di 1 euro per ogni unità prodotta e venduta. Se un'agenzia governativa di

protezione ambientale avesse come obbiettivo la riduzione delle emissioni a 70 unità, la carbon tax per ogni unità che eccede il livello di 70 dovrebbe essere superiore al profitto netto unitario perché l'impresa abbia convenienza a ridurre la produzione al livello di 70. Supponiamo che tale taxa sia 1.1 euro per ogni unità di emissione eccedente il livello prefissato. Allora qualunque livello di produzione ed emissione superiore a tale livello non è profittevole per l'impresa. Infatti, se essa riduce la produzione a 70, non paga la taxa ed ha un profitto netto di 70. Se invece decidesse di continuare a produrre 100 il suo profitto sarebbe ora  $100 - 1.1 \cdot 30 = 67$ . Si può facilmente calcolare che qualunque livello di produzione ed emissione superiore a 70 comporta un profitto complessivo inferiore. L'unico livello della taxa per il quale l'impresa è indifferente se pagarla e continuare a produrre 100, o non pagarla e produrre 70, è che essa sia esattamente uguale al profitto unitario netto ante-taxa. La questione assume aspetti diversi se si considera l'elasticità della domanda rispetto al prezzo del bene inquinante. Una elasticità molto bassa rispetto al prezzo può comportare effetti di traslazione molto grandi ed aumentare il margine di profittabilità dell'impresa anche oltre il livello di 70 unità prodotte e vendute. Vediamo ora cosa potrebbe accadere in presenza di costi fissi medi decrescenti. Tale situazione comporta, all'opposto, costi fissi medi crescenti in presenza di una riduzione della produzione come chiunque si occupi di contabilità industriale conosce perfettamente. Tale principio è notoriamente espresso da una funzione del costo fisso medio di tipo iperbolico con derivata seconda positiva. Infatti abbiamo:

(1)

$$CF_M = \frac{CF_T}{Q}$$

dove  $Q$  è l'output e gli altri simboli sono chiaramente il costo fisso totale e medio. Allora:

(2)

$$\frac{\partial CF_M}{\partial Q} = -\frac{CF_T}{Q^2} < 0, \quad \frac{\partial^2 CF_M}{\partial Q^2} = \frac{2CF_T}{Q^3} > 0$$

Supponiamo allora di trovarsi nella situazione precedentemente analizzata, ma con costi fissi medi non più costanti ma decrescenti. Se ridurre la produzione a 70 comporta ora per l'impresa un profitto netto unitario di euro 0.90 per via dell'aumento del costo fisso medio dovuto alla diminuita produzione, il profitto complessivo per questo livello dell'output sarà ora di  $0.9 \cdot 70 = 63$  che è inferiore al profitto complessivo che si ottiene se si continua a produrre 100 pagando la taxa unitaria di 1.1, che invece continua ad essere di 67. Quanto più ripida è la funzione iperbolica che descrive l'andamento del costo fisso medio, quanto maggiore deve essere la taxa perché l'impresa abbia la convenienza a ridurre la produzione. Con i dati sopra, ma con una taxa unitaria di 1.3 euro, il profitto complessivo del produrre 100 è ora dato da  $100 - 1.3 \cdot 30 = 61 < 0.9 \cdot 70$ . Anche qui valgono le stesse considerazioni fatte in precedenza sul grado di elasticità della domanda che configura diversi livelli dell'effetto di traslazione. Se invece considerassimo che la nostra agenzia di protezione ambientale, oltre ad imporre la taxa per emissioni superiori a 70,

impone, in alternativa al pagamento della tassa, un abbattimento obbligatorio per le emissioni superiori a tale livello per chi non decide di diminuire la produzione, allora per analizzare l'efficacia della tassa occorre anche analizzare i costi di abbattimento per le imprese. Supponiamo allora che la tassa unitaria per le emissioni eccedenti 70 sia di 1 euro e che il costo di abbattimento unitario sia di 1.5 euro. Allora, con i dati di prima e non considerando per semplicità l'effetto costo medio fisso, se l'impresa decide di continuare a produrre 100 e di pagare la tassa avrà un profitto netto complessivo di 70, dato da  $100 - 1 \cdot 30$ , ma le emissioni continueranno ad essere 100. Se invece decide di abbattere le emissioni, continuando a produrre 100, allora il suo profitto complessivo al netto dei costi totali di abbattimento sarà dato da  $100 - 1.5 \cdot 30 = 55$ . E' evidente che l'impresa non ha convenienza ad abbattere le emissioni eccedenti 70. In tal caso, l'obiettivo dell'agenzia di protezione ambientale di ridurre il flusso di emissioni non viene raggiunto. Perché ciò si verifichi occorre che la tassa sia superiore al costo di abbattimento. Qui sorgono però diversi problemi. Innanzitutto le imprese inquinanti non possono essere ridotte ad una impresa rappresentativa, in quanto diversi sono i livelli di emissione per imprese di natura diversa, con tipi di inquinante diversi e costi di abbattimento anch'essi diversi. In secondo luogo, l'agenzia dovrebbe conoscere molti elementi per imporre una tassa che possa produrre gli effetti desiderati, quali l'andamento dei costi fissi medi per ogni impresa, l'elasticità della domanda al prezzo, i costi di abbattimento non solo per ogni impresa ma anche per ogni tipo di inquinante, ecc. Comunque, quando le imprese pagano la tassa e continuano a produrre gli stessi livelli di output, lo scopo di abbattere lo stock di inquinante non viene raggiunto, ma il Governo dispone comunque ora di risorse da impiegare in abbattimento o per finanziare imprese che producono con tecnologie pulite. Questo è solo un esempio di come l'autonomia delle decisioni dei capitalisti come reazione ai provvedimenti di politica economica del Governo non ci garantisce il raggiungimento di qualunque obiettivo prefissato. Supponiamo, per fare un altro esempio ancora più complicato, una variazione in diminuzione del tasso di interesse messo in atto dalle autorità monetarie per stimolare gli investimenti, e facciamo l'ipotesi che tale manovra abbia inizialmente gli effetti sperati. La concatenazione di effetti che tale manovra produce è, in teoria, infinita. Ipotizziamo che tale concatenazione si verifichi. Allora, un aumento degli investimenti produce, attraverso il moltiplicatore, una espansione del reddito nazionale, ammessa l'usuale ipotesi della esistenza di disoccupazione. Ma un aumento del reddito produce, non solo un conseguente aumento dei consumi di prodotti nazionali, ma anche un aumento delle importazioni dipendenti dal reddito stesso dato il livello della propensione marginale e media alle importazioni. Non sappiamo quali effetti si producano sulla bilancia dei pagamenti. Inizialmente può darsi che il saldo peggiori come primo impatto. Ma se consideriamo il moltiplicatore di mercato aperto con ripercussioni internazionali (Gandolfo G., 1997, pag. 140-143), allora l'aumento delle nostre importazioni fa aumentare il reddito degli altri paesi e di conseguenza le loro importazioni che avranno conseguenze positive sul reddito nazionale del nostro paese, dato che le loro importazioni sono le nostre esportazioni. Il processo, in teoria, si espande all'infinito. Il saldo finale della bilancia dei pagamenti dipende dalle varie propensioni alle importazioni e, nel contesto di questo modello, dalla elasticità delle importazioni e delle esportazioni rispetto al reddito. Tuttavia non è detto che un eventuale surplus nella bilancia di parte corrente corrisponda automaticamente ad un surplus globale della bilancia dei pagamenti. La diminuzione del tasso di interesse può essere talmente

elevata per stimolare gli investimenti, se si suppone che essi siano scarsamente reattivi a variazioni del tasso stesso, che può verificarsi un peggioramento in modo significativo del differenziale internazionale fra il tasso interno di interesse e quello prevalente sui mercati esteri dei capitali. La storiella, ovviamente, non finisce qui. Se i movimenti internazionali di capitali sono soggetti ad un elevato grado di mobilità con relativa alta sensibilità anche a piccole variazioni del suddetto differenziale, allora si può verificare una fuoriuscita di capitali tale da peggiorare il saldo della bilancia dei movimenti di capitali non compensativi e più che controbilanciare l'eventuale surplus di parte corrente. L'intensità di tali effetti, i tempi con cui tali effetti eventualmente possono prodursi, è fonte di grande incertezza. Tale incertezza è ancora più grande se entrano in gioco anche i movimenti del tasso di cambio, le ulteriori manovre delle autorità monetarie per pilotare in qualche modo tali movimenti (*managed float*), e le eventuali controeazioni delle autorità politiche e monetarie degli altri paesi magari in un continuo processo di svalutazioni competitive (*beggar my neighbour*). Se poi si considera, in questo processo essenzialmente deterministico, anche il possibile sopravvenire di shock di natura stocastica che vanno a sovrapporsi alla dinamica generale del sistema, allora gli effetti finali del provvedimento iniziale sono praticamente impossibili e definirsi. Questo contribuisce ad aumentare l'erraticità della dinamica del sistema generale, andando a sovrapporre alla possibile dinamica caotica generata endogenamente dalla struttura matematica del modello stesso che riflette la sottostante ideologia nella costruzione delle relazioni fra le variabili, elementi di natura aleatoria. In tal caso si parla anche di 'ipercaos'. "Con il termine ipercaos, invece si intende la descrizione di quei fenomeni che possono essere caratterizzati da un caos deterministico nella particolare condizione in cui ad essi viene sovrapposto un rumore di fondo. La doppia casualità che ne consegue viene chiamata ipercaos. In questa situazione si può verificare un salto fra i vari bacini di attrazione" (Gatto A. e Marino D., 1998, pag. 22).

### **UNA SEMPLICE ESPOSIZIONE FORMALE DEL PRINCIPIO DI INTERCONNESSIONE.**

Cerchiamo ora di specificare meglio il concetto di interconnessione fra sub-sistemi di cui si compone un sistema globale. Sia tale sistema indicato con  $X$ , e sia:

(3)

$$x(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

un vettore che indica in quanti sub-sistemi è suddiviso il sistema globale  $X$ . Si assume che ogni sub-sistema  $x_i$  sia governato nella propria dinamica da una serie di parametri, ma di cui per semplicità dell'analisi solo uno,  $\lambda_i$ , sia determinante per l'evoluzione dinamica del sub-sistema stesso. Gli altri parametri, pur presenti, svolgono una funzione marginale: ovvero, una loro variazione, comporta cambi irrilevanti sulla dinamica dell'intero sub-sistema e del sistema complessivo. Ovviamente, non è detto che ciò sia sempre vero. Più parametri possono definire congiuntamente la dinamica di un sub-sistema ma, per non appesantire l'analisi, escludiamo questa possibilità. E' chiaro che se più parametri sono fondamentali nel definire la dinamica di ciascun sub-sistema, la questione presenta una maggior complessità in quanto occorre considerare l'effetto combinato di una



possibile variazione congiunta di tutti i parametri. I vari sub-sistemi sono interrelati fra di loro da relazioni causali non-lineari, la cui esatta forma strutturale è di difficile identificazione se non, in molti casi, impossibile. Allora la dinamica di ciascun sub-sistema contribuisce e a determinare la dinamica di altri sub-sistemi e, quindi, quella del sistema globale. Tuttavia, alcuni sub-sistemi possono avere relazioni molto deboli con gli altri sub-sistemi e con il sistema globale e, in alcuni casi, esse possono essere addirittura nulle. Allora una variazione nel comportamento dinamico di tali sub-sistemi, che chiamiamo marginali, avranno una influenza irrilevante o nulla sulla dinamica degli altri e del sistema complessivo. Esprimendo l'intensità di tali relazioni fra sub-sistemi in forma matriciale, la dimensione di ciascun elemento della matrice rappresenta l'intensità delle relazioni fra un sub-sistema e gli altri. Elementi zero della matrice, stanno a significare relazione nulla fra due specifici sub-sistemi. La variazione nella dinamica di ciascun sub-sistema deriva dalla variazione improvvisa del valore del parametro che ne guida l'evoluzione e, quindi, ciò comporterà, dato il tipo di relazione forte o debole intercorrente tra tale sub-sistema e gli altri, una variazione o meno nella dinamica del sistema globale. In definitiva, la dinamica di ogni sub-sistema dipende, a livelli di intensità più o meno forti, anche dalla dinamica del parametro che guida ognuno degli altri sub-sistemi. Formalmente, tale complesso intreccio di interrelazioni fra sistema globale e sub-sistemi, e fra i sub-sistemi stessi, può essere così espresso:

(4)

$$\frac{dX}{dt} = F \left[ \frac{dx_1}{dt}, \frac{dx_2}{dt}, \dots, \frac{dx_n}{dt} \right]$$

$$\frac{dx_i}{dt} = f[ x_1, x_2, \dots, x_n, \dots, \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n ], \dots \dots i = 1 \dots n$$

Quest'ultima espressione indica che la dinamica di ciascun sub-sistema dipende dallo stato dello specifico sub-sistema stesso e degli altri, e dal valore dei parametri che guidano l'evoluzione di ognuno dei sub-sistemi. Non solo, ma la dinamica temporale di ciascun sub-sistema dipende anche dalla variazione intervenuta negli altri sub-sistemi. Prendiamo ad esempio il sub-sistema  $x_1$ . Allora abbiamo anche che:

(5)

$$\frac{dx_1}{dt} = g \left[ \frac{dx_1}{dx_2}, \frac{dx_1}{dx_3}, \dots, \dots, \frac{dx_1}{dx_n} \right]$$

Ma potremmo avere anche altri tipi di interconnessioni incrociate fra i vari sub-sistemi, con effetti di ritorno sul sub-sistema che per primo ha evidenziato un mutamento nella dinamica temporale. Ad esempio potrebbe verificarsi un movimento del seguente tipo:

(6)

$$\frac{dx_1}{dt} \leftrightarrow \frac{dx_2}{dt} \leftrightarrow \frac{dx_3}{dt}$$

In tal caso una variazione nei parametri fondamentali che comportano una variazione nella dinamica del sub-sistema 1, comportano una variazione nella dinamica di 2 e 3, che a loro volta causano un effetto di ritorno sul sub-sistema 1 probabilmente variando l'iniziale mutamento qualitativo dinamico. Noi sappiamo dalla teoria di funzioni di funzioni che se:

(7)

$$x_1 = f(x_2), \quad x_2 = f(x_3), \dots \dots x_n = f(x_{n+1})$$

Allora:

(8)

$$\frac{dx_1}{dx_{n+1}} = \frac{dx_1}{dx_2} \frac{dx_2}{dx_3} \dots \dots \frac{dx_n}{dx_{n+1}}$$

Se conoscessimo la forma esatta delle varie funzioni potremmo calcolare anche la variazione totale finale della variabile con cui inizia la catena delle varie funzioni. Ma è questa forma esatta delle varie funzioni che legano fra di loro i vari sub-sistemi (in tale caso le varie  $x_i$ ) che spesso è sconosciuta e non ci permette di fare previsioni anche approssimate di come la variazione nella dinamica di un certo sub-sistema come conseguenza dell'improvviso mutamento nei parametri fondamentali, influisca sulla variazione negli altri sub-sistemi e quindi nel sistema complessivo. E' questo meccanismo di interrelazioni che sottintende alla dinamica complessiva di una economia capitalista il vero nucleo centrale di tutta la questione del se e come i provvedimenti di politica economica indiretti del Governo avranno efficacia nel raggiungimento di determinati obbiettivi. Esiste poi un problema ancora più specifico e tipico delle società di tipo capitalista. Il livello del conflitto sociale fra lavoratori e capitalisti dipende dai rapporti di forza che si vengono storicamente a determinare per una serie di fattori che sono soggetti a mutare anche con una certa rapidità e che contribuiscono al variare del contesto sociale in cui il suddetto conflitto si svolge. Per esempio, l'ascesa al governo di gruppi politici più o meno favorevoli ai lavoratori o ai capitalisti, può contribuire a cambiare l'esito di tale conflitto con ripercussioni più o meno ampie sulla dinamica di alcune variabili fondamentali che caratterizzano la dinamica di alcuni sub-sistemi e quindi dell'intero sistema in base ai reciproci rapporti di interconnessione visti sopra. Se l'esito del conflitto in un certo periodo storico comporta, ad esempio, un sostanziale mutamento nella distribuzione del reddito, allora le conseguenze di tale mutamento dipendono da che tipo di variazione si è verificato. Una redistribuzione a favore dei lavoratori, può comportare una diminuzione dei profitti tale da disincentivare gli investimenti per lo meno nel breve periodo. Ma un aumento della quota dei salari nel reddito nazionale conseguente a tale redistribuzione, potrebbe aumentare la propensione media generale al consumo in base all'ipotesi che la propensione al consumo dei lavoratori sia maggiore di quella dei capitalisti sulla base del modello elaborato da Kaldor. (Graziani A., 1992, pag.198-200 per una analisi dettagliata del modello). Ricordiamo qui per dovere di completezza dell'analisi, quella che è l'equazione finale di tale modello:

(9)

$$c = c_w + (c_p - c_w) \frac{P}{X}$$

dove  $c$  = propensione media e marginale al consumo dell'intera società,  $c_w$  e  $c_p$  sono rispettivamente la propensione al consumo dei lavoratori e dei capitalisti e  $P/X$  è la quota dei profitti nel reddito nazionale. L'ipotesi fondamentale è che  $c_w > c_p$ . Allora un aumento di  $P/X$  comporta una diminuzione di  $c$  e viceversa. Infatti abbiamo:

(10)

$$\frac{\partial c}{\partial \left(\frac{P}{X}\right)} = (c_p - c_w) < 0$$

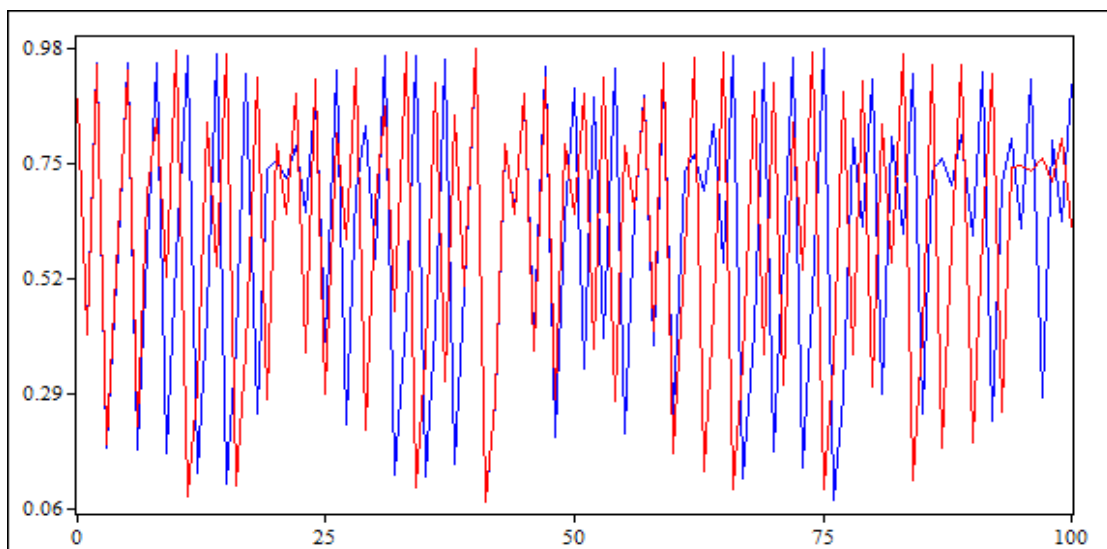
Allora, un aumento del consumo generale della società stimolato da una redistribuzione del reddito a favore dei lavoratori potrebbe, attraverso il meccanismo dell'acceleratore, stimolare gli investimenti andando a compensare in parte o in tutto l'iniziale effetto depressivo causato dall'aumento dei salari. Ma se i lavoratori percepiscono tale redistribuzione come non strutturale e quindi non destinata a durare nel tempo, allora può darsi che si abbiano scarsi effetti sulla propensione al consumo dei lavoratori e quindi su quella generale della società. Inoltre i capitalisti, nell'incertezza che l'eventuale aumento di domanda sia solo temporaneo, potrebbero far fronte all'aumentata temporanea domanda, con un maggiore utilizzo dello stock di capitale esistente e non con nuovi investimenti. Quale di questi effetti prevalga non può essere definito, e quindi non è possibile conoscere l'esito finale della concatenazione di effetti. Il problema centrale di tutta la questione è che esiste un conflitto latente e insanabile fra la distribuzione di reddito e la realizzazione del plusvalore da parte dei capitalisti. Un aumento dei profitti, certamente desiderabile da parte delle imprese, con una caduta dei salari (anche assoluta, nell'ipotesi di sostanziale invarianza nel reddito nazionale prodotto), non è detto che comporti un aumento dei consumi dei capitalisti che compensi la caduta nei consumi dei lavoratori. In tal caso l'aumento dei profitti lo si ritrova incorporato nell'aumento delle scorte di prodotti finiti con evidenti problemi di realizzazione materiale del plusvalore in essi incorporato. Allora, qualunque politica del Governo sconta l'esito incerto di questo conflitto insanabile. Proseguendo ora nell'analisi, supponiamo che ogni specifico sub-sistema sia governato da una dinamica di tipo logistico in tempo discreto, del tipo:

(11)

$$x_{i,t+1} = \lambda_i x_{i,t} (1 - x_{i,t}), \quad i = 1 \dots n$$

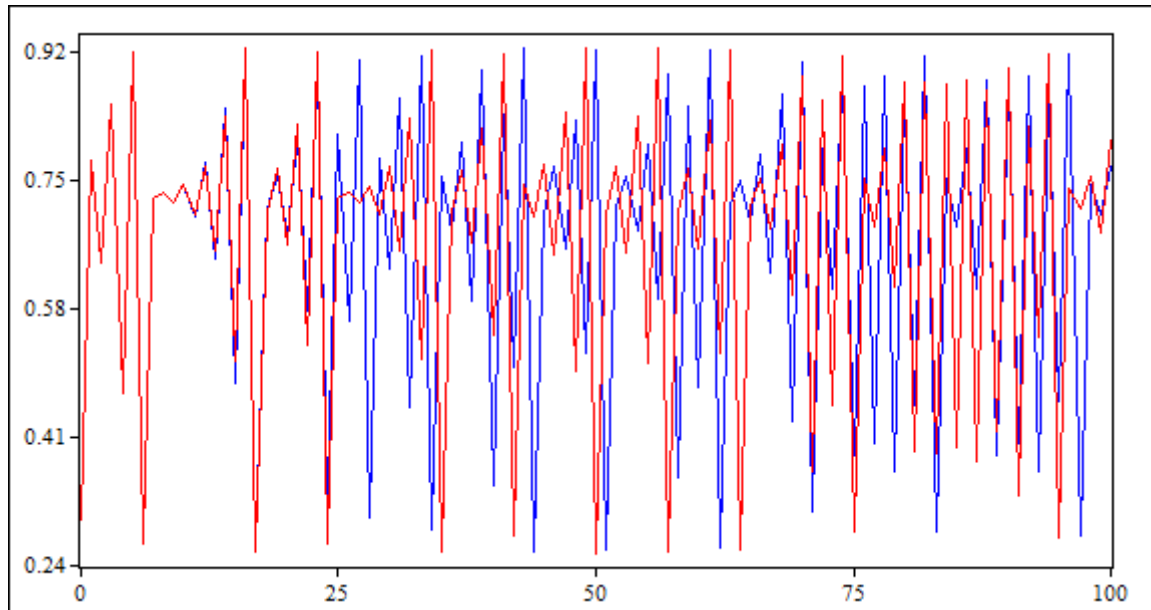
Se in un determinato sub-sistema, il parametro che ne guida l'evoluzione diventa tale da comportare una dinamica caotica, quale conseguenza tale improvviso cambio nella dinamica singola avrà sulla dinamica degli altri sub-sistemi? E quale conseguenza sulla dinamica dell'intero sistema? Ciò dipende dal tipo di legame strutturale che unisce tale sub-sistema dove si è verificato un improvviso cambio della dinamica con gli altri sub-sistemi e con il sistema globale.

Diventerà anch'esso caotico, oppure le relazioni che ha con gli altri sub-sistemi sono tali da assorbire in modo sostanziale l'avvenuta caoticità dello specifico sub-sistema? A tali interrogativi credo sia quasi impossibile rispondere. Infatti, noi sappiamo anche dall'analisi specifica dell'equazione logistica, che quando il parametro che guida l'evoluzione dinamica del sistema strutturato in tale forma, supera il cosiddetto numero di Feigenbaum, il sistema stesso entra in una dimensione caotica, e l'evoluzione dinamica è soggetta in modo determinante dalla dipendenza sensitiva dalle condizioni iniziali della variabile. Variazioni anche molto piccole nelle condizioni iniziali della variabile stessa che rappresenta il nostro sistema, comportano orbite del sistema completamente differenti. Queste piccole divergenze sono tanto più possibili quanto più  $x_i$  sia una variabile soggetta a misura. Piccoli errori di misurazione, darebbero luogo a dinamiche divergenti fra loro. Se si considera la difficoltà molto spesso esistente nel definire le condizioni iniziali, per esempio di uno stock di capitale, è facile comprendere l'esistenza della possibilità di piccoli errori nella definizione del valore iniziale di  $x_i$ . E' possibile osservare questo fenomeno graficamente. Per esempio per un valore di  $\lambda = 3.92$  e valori iniziali di  $x_i = 0.88$  e  $x_i = 0.881$  otteniamo il seguente andamento dinamico delle due orbite, con la linea blu che definisce l'evoluzione per  $x_i = 0.88$  e la linea rossa per  $x_i = 0.881$ .

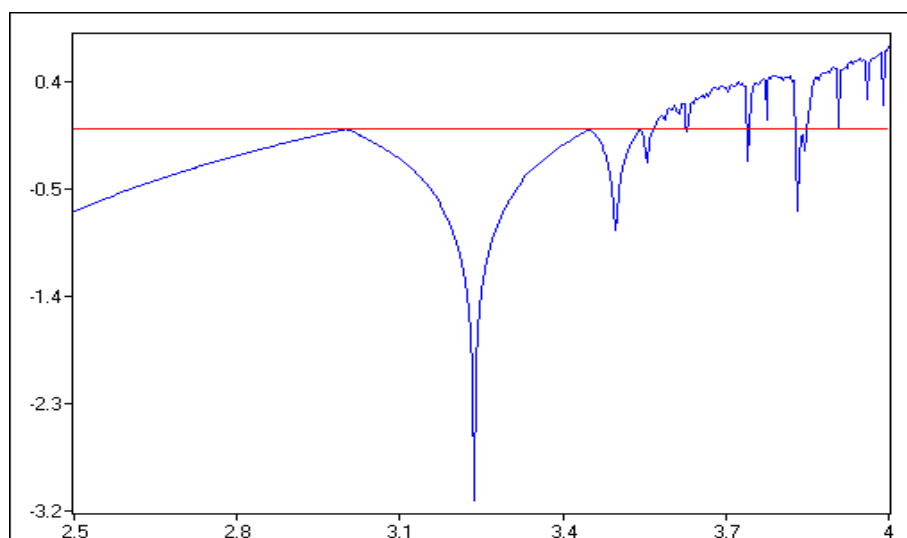


E' possibile rilevare come variazioni estremamente piccole nelle condizioni iniziali di  $x_i$  comportano, dopo poche iterazioni, dinamiche completamente differenti. Su questo punto sostiene Gandolfo: "A second feature that is often cited as a typical of chaotic behaviour of the deterministic systems is the impossibility of predicting the future values of the variables concerned. This might at first sight seem a contradiction, if we have a dynamic deterministic system, even we cannot solve it analytically we can simulate it numerically, hence we can compute the values of the variables for any future value of  $t$ . This is where another important feature of chaos comes in, that is sensitive dependence of initial conditions (...) Sensitive dependence on initial conditions (henceforth SDIC) means that even very small differences in the initial conditions give rise to widely different paths. In a 'normal' deterministic system, all nearby paths starting very close to one another remain very close in the future. Hence a sufficiently small measurement error in the initial conditions will not affect our deterministic forecasts. On the contrary, in deterministic

systems with SDIC, prediction of the future values of the variables would be possible only if the initial conditions could be measured with infinite precision. This is certainly not the case” (Gandolfo G., 1997, cit. pag. 504). Tuttavia, anche con valori identici iniziali della variabile, piccole variazioni nel parametro che guida la dinamica del sub-sistema, possono comportare orbite assai diverse. Siano dati i seguenti valori:  $x_i(0) = 0.3$ ,  $\lambda$  (linea blu) = 3.7 e  $\lambda$  (linea rossa) = 3.701. Come si vede, la differenza nel valore del parametro è molto piccola, ma la dinamica temporale di  $x_i$  relativa ai due valori di  $\lambda$  è assai diversa. Infatti abbiamo:



Il grafico mostra la diversità del sentiero dinamico (pur sempre caotico) per un valore iniziale di  $x_i(0) = 0.3$ ,  $\lambda = 3.7$  (linea blu) e  $\lambda = 3.701$  (linea rossa). La piccola differenza nel valore del parametro genera due orbite completamente diverse. Questo fenomeno si può verificare anche nella regione caotica, quando piccolissime variazioni nel valore del parametro comportino una temporanea uscita dalla regione stessa, con conseguente valore negativo dell'esponente di Lyapunov, e viceversa. Il seguente grafico mostra l'andamento degli esponenti di Lyapunov:



Nel grafico che riporta l'andamento di tali esponenti per un valore di  $\lambda$  compreso fra 2.5 e 4, i valori negativi riportati sull'asse delle ordinate stanno a significare l'assenza di caos e la convergenza a un punto di equilibrio o a un qualche ciclo che si ripete nel tempo, mentre i valori positivi indicano presenza di caos che si manifesta dopo che il valore di  $\lambda$  ha superato il valore soglia di 3.56994 (numero di Feigenbaum) anche se vi sono valori dell'esponente negativi anche oltre tale valore soglia che indicano uscita temporanea dalla zona del caos (fenomeno della intermittenza). Il valore massimo che l'esponente di Lyapunov può raggiungere è per  $\lambda = 4$  ed è  $V = 0.693715 = \ln(2)$ . Inoltre, quando la linea che indica la dinamica dell'esponente partendo da valori negativi risale e tocca la linea dello zero senza attraversarla, significa che il sistema perde stabilità e si sdoppia dando luogo prima a un ciclo in cui il sistema rimbalza stabilmente fra due valori quando  $\lambda$  supera la soglia critica di 3, uno maggiore e l'altro minore del punto di equilibrio (*two-cycle*), poi perde nuovamente stabilità e l'esponente tocca nuovamente la linea dello zero dando luogo ad un ciclo stabile fra quattro valori (*four-cycles*) (quando  $w > 1 + \sqrt{6}$ ), poi otto, sedici e così via. E' il fenomeno del '*period-doubling*', ovvero del raddoppiamento del periodo di oscillazione, che dà luogo alla cosiddetta biforcazione flip. Valori positivi dell'esponente, che quindi attraversano la linea dello zero, danno origine come abbiamo già detto, alla zona caotica.<sup>1</sup> Nel linguaggio dei sistemi complessi e della sinergetica, tale fenomeno del raddoppiamento di periodo<sup>2</sup> fino al raggiungimento della zona del caos, comporta quella che viene definita autorganizzazione del sistema, ovvero il sistema perde la precedente stabilità e si autorganizza dando luogo ad una nuova configurazione di stabilità. Questo fenomeno viene definito come 'dipendenza sensitiva dal parametro'. "The fact that, in the chaotic region, chaotic and non-chaotic parameter values are densely interwoven gives rise to a sensitive dependence on parameters (SDP), i.e, arbitrarily small changes in the parameter values lead to drastic alterations in the mode of behaviour of the system. As Schuster (1989, pag. 63) has aptly observed, the practical implications of SDP are even worse than those of sensitive dependence on initial conditions" (Medio A., 1992, pag. 165). Un problema fondamentale in merito al parametro  $\lambda$  è che qualora esso superi il valore di 4, il sistema genera valori negativi che da un punto di vista economico non hanno un significato logico. Allora si assume che esso non superi tale valore, ma tale assunzione ha più un carattere di comodità per l'analisi che di fondamento reale. In molte applicazioni dell'equazione logistica, tale parametro è la risultante di una combinazione di altri parametri e nessuno ci garantisce a priori che tale combinazione dia luogo ad un valore inferiore a 4 (Cecconi L. 2015, cit. pag. 165 e seg. per vari esempi in merito). Allora, se noi dovessimo esprimere, per esempio, la dinamica dello stock di capitale verso il valore desiderato in una forma matematica tipo equazione logistica, non saremmo sicuri quale tipo di dinamica qualitativa il sistema presenterebbe, sia per problemi legati alla dimensione assunta dal parametro, che per le probabili difficoltà nel misurare con precisione la consistenza iniziale dello stock stesso del capitale.

#### **VARIABILI LENTE E VELOCI E SLAVING PRINCIPLE.**

Veniamo ora alla questione fondamentale alla quale abbiamo accennato nell'introduzione a questo lavoro, ovvero il problema dei tempi con cui le variabili reagiscono nella loro evoluzione dinamica, e che definisce la differenza fra le cosiddette variabili lente (*slow variables*) e variabili

veloci (*fast variables*). In linea generale la differenza fondamentale risiede nella velocità con cui una variabile si dirige verso un valore desiderato, ovvero nella velocità con cui viene eliminata la differenza fra il valore che una variabile ha in un certo momento e il valore desiderato. Supponiamo di avere la seguente equazione differenziale lineare che definisce tale meccanismo di adeguamento:

(12)

$$\frac{dx}{dt} = \alpha(x_E - x)$$

Dove  $x_E$  è il valore desiderato e  $x$  il valore in un certo momento. La soluzione di questa equazione differenziale, dato  $x_0$  valore iniziale della variabile, è molto semplice ed è data da:

(13)

$$x(t) = x_E + (e^{-\alpha t})(x_0 - x_E)$$

E' evidente che la velocità di adeguamento e la convergenza verso il valore desiderato, dipendono dal coefficiente  $\alpha$  che viene assunto positivo e la cui dimensione è il reciproco del tempo di aggiustamento. Più elevato è il valore di tale coefficiente, minore è il tempo di aggiustamento. In una economia capitalista il Governo non ha il controllo di gran parte di tali coefficienti di aggiustamento per guidare il sistema verso certi valori desiderati. Vediamo quale può essere un esempio concreto, al quale ne seguiranno poi altri. Supponiamo che le imprese considerino  $Z$  il livello ottimale desiderato dello stock di capitale e che anche il Governo lo consideri un obiettivo da raggiungere anche perché desidera che tale incremento nello stock di capitale sia formato da nuovi beni capitali che incorporano tecnologie pulite (*environmental friendly*), e sia  $K$  il livello attuale minore di quello desiderato (in linea teorica niente impedisce che esso sia maggiore. Ma anche in realtà tale evenienza non è difficile da comprendere, se si considera una situazione di grave stagnazione economica in cui lo stock di capitale può essere considerato eccessivo rispetto alle necessità). Sia il movimento dinamico di aggiustamento verso il valore desiderato descritto dalla seguente equazione differenziale non-lineare:

(14)

$$\frac{dK}{dt} = \frac{\lambda}{\frac{K}{Z}} * (Z - K)$$

I termini hanno il seguente significato:

- $\lambda$  = coefficiente che indica la velocità di aggiustamento dello stock di capitale al valore desiderato.
- $K$  = stock di capitale attuale.
- $Z$  = stock di capitale considerato ottimale e desiderato dalle imprese e dal Governo.
- $K/Z$  = rapporto compreso fra 0 e 1 e che indica il livello relativo del gap fra stock del capitale attuale e stock del capitale desiderato.
- $(Z-K)$  = gap in valore assoluto fra stock desiderato e attualmente esistente.

Il coefficiente  $\lambda$  è una sorta di coefficiente base che è tanto più elevato quanto più grande è il gap fra capitale attuale e desiderato. Infatti quanto più piccolo è  $K/Z$  quanto più grande è  $\lambda/(K/Z)$ . Ad esempio, con  $\lambda = 0.2$ ,  $K = 80$  e  $Z = 100$ , inserendo tali valori nell'equazione differenziale sopra, otterremo  $dK/dt = 5$ , mentre con  $K = 90$ , otterremo  $dK/dt = 2.22$  e via di seguito. Tale principio economico ha un fondamento logico. Quanto più ci si avvicina allo stock di capitale desiderato, quanto più basso sarà il ritmo di tale avvicinamento in quanto le imprese cominceranno ad essere abbastanza soddisfatte del livello dello stock di capitale raggiunto e quindi, molto probabilmente, diminuiranno il ritmo dell'accumulazione. A questo bisogna anche aggiungere la possibilità che le imprese che producono beni capitali comincino ad essere vicino al massimo dell'utilizzo della loro capacità produttiva, con conseguente relativa difficoltà ad aumentare la fornitura di nuovi beni capitali. Proseguiamo con l'analisi dell'equazione differenziale. Essendo l'equazione non-lineare possiamo solo farne una analisi di stabilità locale. Intanto il valore di equilibrio di  $K$  è dato da  $Z$  che si trova facilmente ponendo il lato sinistro dell'equazione differenziale uguale a zero. Poi si deriva il lato destro della stessa equazione rispetto a  $K$  e si ottiene:

(15)

$$f'(K) = -\frac{\lambda Z(Z - K)}{K^2} - \frac{\lambda Z}{K}$$

E' evidente che quando tale derivata viene valutata al punto di equilibrio di  $K = Z$ , il primo termine a destra si riduce a zero e il secondo a  $-\lambda$ . Quindi abbiamo:

(16)

$$f'(K) = -\lambda < 0$$

Tale derivata è ovviamente negativa dato che  $\lambda > 0$ , e il sistema non-lineare è localmente stabile. Ma chi ci garantisce che le imprese reagiranno nel suddetto modo al gap esistente fra capitale esistente e desiderato? Inoltre, ammesso che le imprese vogliano colmare tale gap che è anche obbiettivo del Governo, quali saranno i tempi necessari per il raggiungimento di tale obbiettivo? E' evidente che il coefficiente  $\lambda$  assume un ruolo cruciale e che è la risultante di una serie di valutazioni degli imprenditori sulle quali il Governo ha scarsa influenza, escluso che per le imprese pubbliche nelle quali tale gap può essere colmato per decisioni strettamente politiche. Tuttavia è sempre possibile definire un nuovo coefficiente  $z$  (almeno sul piano teorico) che in qualche modo possa rappresentare una serie di effetti alcuni come conseguenza di provvedimenti da parte del Governo per cercare di stimolare la velocità di riduzione del gap (tasso di interesse, detassazione parziale o totale di profitti destinati all'accumulazione di capitale, etc.) altri al di fuori di qualsiasi controllo da parte dell'autorità politica (variazioni del tasso di cambio dovute alla domanda e offerta sul mercato delle valute, improvvisa caduta della domanda sui mercati internazionali, stabilità politica in paesi esteri dove operano imprese nazionali, etc.). Questo coefficiente, che appare in un termine esponenziale, può assumere valori sia positivi che negativi. Quando assume valori positivi esso amplifica il valore di  $\lambda$ , compensando in tutto o in parte l'effetto di riduzione su



$\lambda$  stesso esercitato dall'aumento del rapporto  $K/Z$ . Quando è negativo effettua invece un ulteriore effetto smorzante sul coefficiente di reazione. L'equazione differenziale va così modificata:

(17)

$$\frac{dK}{dt} = \frac{\lambda e^{zt}}{\left(\frac{K}{Z}\right)} (Z - K)$$

Il punto di equilibrio di  $K$  è ancora dato da  $Z$ . La derivata del lato destro è data da:

(18)

$$f'(K) = -\frac{\lambda e^{zt} Z (Z - K)}{K^2} - \frac{\lambda e^{zt} Z}{K}$$

Quando essa è valutata al punto di equilibrio di  $K = Z$ , il primo termine sulla destra si annulla e si ottiene:

(19)

$$f'(K) = -\lambda e^{zt} < 0$$

Il sistema non lineare è ancora localmente stabile. E' comunque possibile dare una soluzione numerica anche della equazione differenziale non-lineare. Consideriamo i seguenti valori ipotetici:  $\lambda = 0.1$ ,  $z = 0.08$ ,  $Z = 50$ . Allora la soluzione numerica ci fornisce i seguenti successivi valori per  $t$  fino a 20:

<b>t</b>	<b>K(t)</b>
1	21.1732
2	27.1483
3	31.4397
5	37.5271
10	45.7730
15	48.9911
20	49.6712

Come è possibile verificare agevolmente, il valore di  $K(t)$  converge monotonicamente al valore di equilibrio dato da  $Z = 50$ . Se, invece, si considera  $\lambda = 0.3$ , mantenendo gli altri valori inalterati, allora la convergenza è ancora più rapida. Infatti abbiamo:

<b>t</b>	<b>K(t)</b>
1	30.6228
2	38.1051
3	42.4398
5	46.9810
10	49.8179
15	49.9970
20	49.9999

E' ancora agevole verificare la maggior rapidità di convergenza soprattutto nei primi periodi. La differenza è notevole soprattutto fino al periodo 5. La lentezza della convergenza nei periodi più lontani, riflette il concetto economico che il ritmo per colmare il gap iniziale rallenta quando ci si avvicina al valore di equilibrio che è quello desiderato, ovvero quando lo stock di capitale effettivo si avvicina a quello desiderato. Facciamo ora un'altra ipotesi sul coefficiente di adeguamento e supponiamo che esso dipenda unicamente, in modo esponenziale, dal livello di utilizzazione dello stock di capitale esistente. Questa ci sembra una ipotesi molto plausibile, in quanto le imprese quando il livello dell'attività produttiva è basso e lo stock di capitale è utilizzato in percentuali molto ridotte, difficilmente reagiranno al gap fra stock desiderato e stock esistente in modo consistente oppure non reagiranno affatto. Ad un' eventuale previsione di aumento della domanda, si farà fronte preferibilmente aumentando il ritmo di utilizzazione degli impianti esistenti piuttosto che aumentando l'investimento netto, o per lo meno l'investimento sarà prevalentemente di rimpiazzo del valore degli ammortamenti (ammesso che le imprese lo trovino conveniente il che non è per niente scontato). Tuttavia non è detto che l'investimento di rimpiazzo sia esattamente uguale al capitale logorato e che viene sostituito. Intanto il nuovo capitale difficilmente avrà un valore monetario uguale a quello vecchio che esce dalla produzione, ma anche la capacità produttiva probabilmente sarà maggiore dato il progresso tecnologico. Quindi può darsi che a parità di numero di impianti sostituiti si abbia ugualmente un incremento di capacità produttiva netta, se valutiamo lo stock di capitale non in base alle unità di macchinari, impianti etc. ma in base ad unità di capacità produttiva netta (Smith W.L., 1970, pag. 218 e segg.). Tornando alla questione delle previsioni di aumento della domanda, occorre distinguere se esse sono considerate solo temporanee o destinate ad essere permanenti per un periodo di tempo prolungato. In quest'ultimo caso può darsi che le imprese desiderino anche effettuare investimenti netti tanto più elevati quanto maggiore è il livello di utilizzazione dello stock di capitale attuale. Possiamo formalizzare tale ipotesi nel modo seguente:

(20)

$$\frac{dK}{dt} = \lambda e^{\gamma} (Z - K)$$

dove i simboli hanno lo stesso significato di prima con in più  $\gamma$  che indica il coefficiente di utilizzazione dello stock attuale di capitale e che è compreso fra:

(21)

$$0 \leq \gamma \leq 1$$

Ovviamente i valori estremi sono ipotetici, in quanto lo zero indicherebbe che nel sistema non si producono nemmeno i beni strettamente necessari alla sussistenza, e 1 indicherebbe l'utilizzazione ottima e massima dei beni capitali esistenti. La soluzione dell'equazione differenziale sopra è data da:

(22)

$$K(t) = Z + e^{-\lambda e^\gamma t} (Z - K_0)$$

E' evidente dalla soluzione che quanto più elevato è  $\gamma$  quanto maggiore è la riduzione del gap e più veloce è la convergenza al valore di equilibrio dato dallo stock di capitale desiderato  $Z$ . E' possibile fare un ulteriore passo in avanti e porsi il problema di definire da cosa dipenda il livello ottimale dello stock di capitale. Secondo Ackley "Nonostante molti economisti abbiano negligenemente identificato la teoria dell'investimento con la teoria del capitale (o abbiano mescolato in una sola, confusa formulazione considerazioni pertinenti a entrambe), è chiaro che noi non ci troviamo di fronte ad un solo problema, bensì a due: innanzitutto dobbiamo spiegare quale sia lo stock di capitale ottimale – cioè di equilibrio – per un'impresa e per l'economia nel suo complesso; in secondo luogo, dobbiamo spiegare a quale tasso si verifica l'investimento quando lo stock di capitale non coincide con il suo valore ottimale. Ciò di cui abbiamo bisogno è una teoria che faccia riferimento in primo luogo all'entità dello stock-capitale ed in secondo luogo all'entità del flusso-investimento attraverso il quale lo stock aumenta o diminuisce" (Ackley G., ed. ital. 1971, pag. 554-555). Consideriamo che lo stock di capitale ottimale dipenda positivamente dal saggio di rendimento del capitale  $\pi$  e negativamente dal tasso di interesse reale  $r$ , dato dalla differenza fra il tasso di interesse nominale e il tasso di inflazione, e dal costo  $C$  di nuovi investimenti (al netto del tasso di interesse reale). Questi tre elementi definiscono anche la convenienza a fare nuovi investimenti e quindi, indirettamente contribuiscono a definire il livello ottimale dello stock di capitale desiderato. Allora possiamo definire la dinamica dello stock di capitale come segue:

(23)

$$\frac{dK}{dt} = \lambda e^\gamma \left( \frac{Ae^{(\pi-r)}}{C} - K \right)$$

In tale formulazione, lo stock ottimale di capitale non è un dato fisso come nella precedente ipotesi era dato da  $Z$ , ma è un dato variabile. Infatti ora abbiamo :

(24)

$$Z = \frac{Ae^{(\pi-r)}}{C}$$

A rappresenta un parametro tecnologico che sta ad indicare che anche quando il saggio di rendimento netto da interessi è nullo, un certo volume di investimento viene effettuato per adeguare tecnologicamente l'apparato produttivo, sempre che  $A/C > K$ , altrimenti si ha investimento netto negativo dato dalle quote di ammortamento. Questa ipotesi dell'investimento di natura tecnologica, è abbastanza plausibile quando una singola impresa o l'intera sistema è fortemente integrato con il settore estero, che di solito viene considerato il più innovativo. La forte competizione esistente sui mercati internazionali quasi obbliga le imprese ad un continuo rinnovamento tecnologico e quindi ad un continuo adeguamento dello stock di capitale. Alcuni modelli prevedono esplicitamente investimenti in parte dipendenti dal livello delle esportazioni, i cosiddetti modelli a crescita trainata dalle esportazioni (*export-led growth*). Un esempio classico in merito è il modello di Lamfalussy che qui non riportiamo, che nella funzione degli investimenti prevede esplicitamente una componente dipendente positivamente dalla quota delle esportazioni sul reddito nazionale. (Si veda in merito, Gandolfo G., 2002, pag. 212-213). Tornando all'equazione differenziale di cui sopra, essa ha la seguente soluzione:

(25)

$$K(t) = \frac{Ae^{(\pi-r)}}{C} + e^{(-\lambda e^{\gamma} t)} \left( K_0 - \frac{Ae^{(\pi-r)}}{C} \right)$$

Il primo termine sulla destra rappresenta il valore di equilibrio di  $K$ . Il secondo termine tende a zero quando  $t$  tende a infinito, e quindi il valore di equilibrio (ovviamente per valori dati dei parametri che ne definiscono il livello assoluto) è dinamicamente stabile. A titolo di esempio riportiamo anche alcune derivate di statica comparata della soluzione:

(26)

$$\begin{aligned} \frac{\partial K}{\partial C} &= -\frac{Ae^{(\pi-r)}}{C^2} + \frac{e^{(-\lambda e^{\gamma} t)} Ae^{(\pi-r)}}{C^2} \\ \frac{\partial K}{\partial \pi} &= \frac{Ae^{(\pi-r)}}{C} - \frac{e^{(-\lambda e^{\gamma} t)} Ae^{(\pi-r)}}{C} \\ \frac{\partial K}{\partial r} &= -\frac{Ae^{(\pi-r)}}{C} + \frac{e^{(-\lambda e^{\gamma} t)} Ae^{(\pi-r)}}{C} \end{aligned}$$

La prima derivata è negativa data la presenza del termine esponenziale con segno meno nel secondo termine sulla destra che rende il numeratore inferiore a quello del primo termine. Economicamente ciò significa che un aumento del costo dell'investimento fa diminuire lo stock ottimale di capitale. La seconda derivata è invece positiva per le stesse ragioni, ma invertite, della prima. Anche qui il significato economico è chiaro. Un aumento del saggio di rendimento del capitale fa aumentare lo stock desiderato di esso. Anche la terza derivata ha un chiaro significato economico. Un aumento del tasso di interesse reale, diminuisce la profittabilità netta del capitale e quindi fa diminuire lo stock desiderato. Le altre derivate non le abbiamo riportate ma, dato il significato dei vari parametri, il segno di esse è chiaro come è chiaro il senso economico in base

alle premesse nella costruzione del modello. La ragione per cui ci siamo soffermati nell'analisi del modello base all'inizio del paragrafo e delle successive modifiche ed integrazioni, è dovuta alla esigenza di mettere in evidenza come vi siano molti elementi che influiscono sul valore del coefficiente di aggiustamento, ed è molto difficile stabilire quale di questi elementi prevalga sugli altri e quali siano più rilevanti e meno rilevanti nel definire questo valore. Inoltre, alcuni di questi parametri possono avere effetti più rapidi nel manifestarsi rispetto ad altri, e possono interagire fra di loro in modi e tempi che sono molto difficili a prevedersi. Se poi alcuni di questi parametri possono essere in principio manovrati dal Governo per il raggiungimento di determinati obiettivi, quando poi però lo stesso Governo ha scarse capacità e possibilità di controllarne l'efficacia e la rapidità di diffusione nel sistema macroeconomico, allora gli effetti finali e i tempi con cui essi si manifestano diventano incerti e non è detto siano quelli sperati dal Governo. Inoltre, in alcuni casi, può essere più importante, almeno nel breve periodo, la rapidità con cui si diffondono certi effetti invece della intensità in quanto si desidera che almeno certi risultati parziali siano raggiunti in un ragionevole periodo di tempo. Allora, la velocità di diffusione diventa elemento cruciale di tutta l'analisi. Tornando ora al concetto più specifico di variabile lenta e veloce, esso non è facilmente identificabile 'a prescindere', nel senso che alcune variabili possono essere lente in certe particolari circostanze storico-sociali e contesti istituzionali, e veloci in contesti diversi e viceversa. Tale distinzione dipende anche da assunti teorici diversi che si riconnettono a posizioni ideologiche diverse. Per esempio: "The distinction between 'fast' and 'slow' variables is, explicitly or implicitly, at the base of much theorizing and debate in economics. An orthodox Keynesian, for example, would say that quantities adjust much more rapidly than prices. An orthodox monetarist would say the contrary. An orthodox new classical macroeconomist, would say that all the relevant variables adjust very rapidly, so that markets can be taken as being in equilibrium" (Gandolfo G., 1997 cit. pag. 533). Si potrebbe in parte ovviare al problema affermando che le variabili lente sono quelle più importanti, ovvero quelle che definiscono il movimento generale del sistema nel suo complesso nel lungo periodo e che ne rappresentano la struttura fondamentale. Ma anche qui occorre definire cosa si intende per importante e in quale contesto storico, economico, sociale ed istituzionale ci si trova. La questione assume una importanza fondamentale all'interno del cosiddetto '*slaving principle*' o principio di asservimento' elaborato da H.Haken fondatore della sinergetica. La sinergetica sta a significare che le parti che compongono un sistema complesso interagiscono fra di loro secondo rapporti di tipo non lineare contribuendo in tal modo alla definizione della configurazione del sistema generale nel suo complesso. "Haken proposed synergetic as a general theory of the dynamic behavior of systems with particular characteristics. It deals with the cooperative interaction of many subsystems which thus engender macroscopic behaviour of a self-organized nature. The focus of synergetic is on critical points where the system changes its macroscopic behaviour and may undergo non-equilibrium phase transitions, including oscillations, spatial structures and chaos. The interest of synergetic is not merely restricted to transitions between equilibria and equilibrium-like attractors as limit cycles. It also tries to capture other transitions without a specific final form. Thus we can also consider synergetic economics as a field of synergetic" (Zhang W.B., 1991, pag. 213-214). E ancora: "Although we cannot say that synergetic economics solves all of the problems in economic evolution, we can conclude that this new theory makes it possible for dynamic economics to explain/predict some dynamic economic

processes which cannot be explained by the traditional theories and methods. Synergetic economics suggests a rather promising new direction for explaining the complexity of economic phenomena”( Zhang W.B. cit. pag. 214). Ma quale relazione esiste fra variabili lente e veloci e il principio di asservimento? Tale relazione consiste nella possibilità di eliminare dal sistema di equazioni differenziali non lineari le variabili veloci (*slaved variables*) che si ritengono praticamente sempre in equilibrio, ed esprimere la dinamica dell'intero sistema in termini delle variabili lente (*slaving variables*). Supponendo per semplicità un sistema di due sole equazioni, per poter eseguire tale riduzione del sistema, occorre che ambedue le variabili siano espresse anche in termini l'una dell'altra. Prendiamo questo semplice esempio proposto da Haken<sup>3</sup> :

(27)

$$\begin{aligned}\frac{dx}{dt} &= -r_1x - \alpha xy \\ \frac{dy}{dt} &= -r_2y + \beta x^2\end{aligned}$$

dove:

(28)

$$r_2 > 0 \quad e \quad r_2 \gg r_1$$

Considerando quindi  $y$  la variabile veloce ed  $x$  la variabile lenta in base alle ipotesi sul coefficiente  $r$ , possiamo risolvere la seconda equazione ponendo  $dy/dt = 0$  in conseguenza del principio che le variabili veloci sono sempre in equilibrio, ed ottenere  $y$  in funzione di  $x$ :

(29)

$$y = \frac{\beta x^2}{r_2}$$

Inserendo ora questo risultato nella prima equazione differenziale del sistema, otteniamo:

(30)

$$\frac{dx}{dt} = -r_1x - \frac{\alpha\beta x^3}{r_2}$$

La dinamica dell'intero sistema è ora espressa in termini della sola variabile  $x$ , la variabile lenta. Haken chiama le variabili lente 'parametri d'ordine' (*order parameters*) e tutto il procedimento di eliminazione delle variabili veloci dal sistema viene detto di 'approssimazione adiabatica'. La variabile lenta ora guiderà anche l'evoluzione della variabile veloce. La suddetta equazione avrà soluzioni diverse a seconda che  $r_1$  sia maggiore o minore di zero. Se si considera che sia maggiore di zero, e  $\alpha = \beta = 1$ , allora l'unico punto di equilibrio reale è l'origine che è stabile; se invece si considera che sia negativo, allora l'origine è instabile mentre gli altri due punti di equilibrio sono stabili. Supponendo infatti di avere  $r_1 = 0.05$  e  $r_2 = 0.8$  l'equazione differenziale sopra diventa:

(31)

$$\frac{dx}{dt} = -0.05x - 1.25x^3$$

Pur essendo non lineare l'equazione è risolvibile in forma chiusa. La soluzione è data da:

(32)

$$x(t) = \frac{1}{\sqrt{-25 + 26 \left( e^{\frac{t}{10}} \right)}}$$

Il limite di  $x(t)$  per  $t$  tendente a infinito è zero. Quindi il punto di equilibrio dato dall'origine è stabile.

Se invece consideriamo  $r_1 = -0.05$ , allora la soluzione è data da:

(33)

$$x(t) = \frac{1}{\sqrt{25 - 24e^{-\frac{t}{10}}}}$$

Il limite di  $x(t)$  per  $t$  tendente a infinito è ora 0.2 che è stabile, mentre è instabile l'origine. La questione è facilmente osservabile anche senza risolvere esplicitamente l'equazione, ma differenziandone il lato destro e inserendo i punti di equilibrio. Con  $r_1 > 0$ , l'unico punto di equilibrio reale è l'origine che è stabile mentre gli altri due sono complessi e quindi non vengono considerati. Quando invece  $r_1 < 0$ , allora si hanno tre punti di equilibrio reali,  $[ 0, 0.2, -0.2 ]$ . Ripetendo l'operazione sopra, ci si può facilmente accertare come l'origine sia instabile e gli altri due stabili (escludiamo il valore -0.2 per evidente significato economico se le nostre variabili si riferiscono ad elementi di natura economica e non sono poste in termini di tassi di variazione). Formalmente, ponendo uguale a zero il lato destro della (30) e considerando  $\alpha = \beta = 1$ , otteniamo il risultato generale per i punti di equilibrio di  $x$ . Infatti abbiamo:

(34)

$$x = 0, \quad x = \pm \sqrt{-r_1 r_2}$$

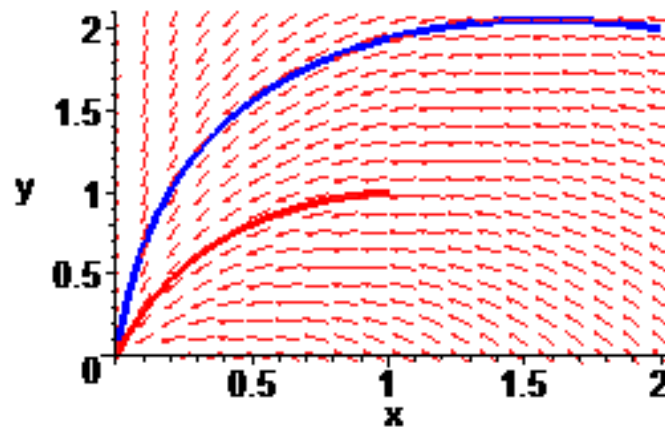
E' chiaro che dato  $r_2 > 0$ , quando  $r_1 > 0$  allora si hanno due radici complesse e l'unico punto di equilibrio è l'origine, altrimenti quando  $r_1 < 0$  si hanno tre punti di equilibrio reali. Allora derivando il lato destro della (30) otteniamo:

(35)

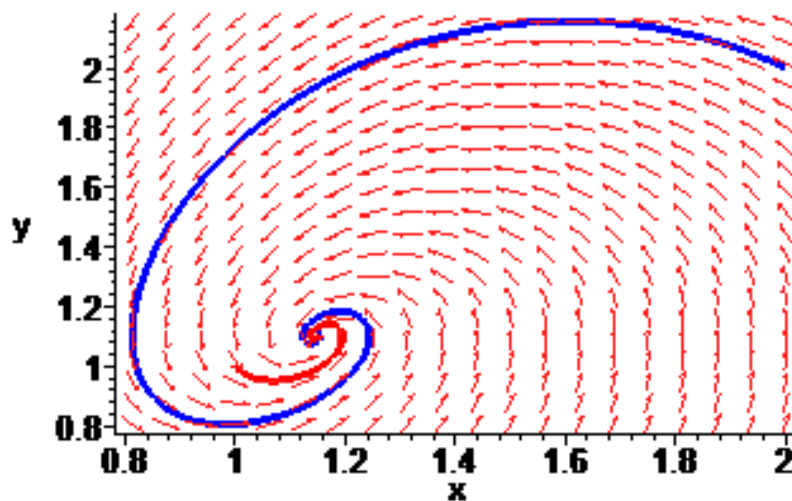
$$-r_1 - \frac{3x^2}{r_2}$$

E' evidente che quando  $r_1 > 0$  l'origine è stabile in quanto la derivata è negativa, mentre invece quando  $r_1 < 0$  l'origine è instabile in quanto la derivata è positiva. Con i valori assegnati sopra gli altri due punti di equilibrio sono invece stabili. E' possibile anche dare una rappresentazione grafica dell'intero sistema (27) considerando per prima che i due coefficienti siano positivi con

$\alpha$  e  $\beta = 1$  e  $r[1] = 1.1$  e  $r[2] = 1.2$  e quindi  $r[2] > r[1]$ . In tal caso la dinamica del sistema converge a zero che è l'unico punto di equilibrio stabile. Con due punti iniziali  $[x_0 = y_0 = 1$  e  $x_0 = y_0 = 2]$  abbiamo le seguenti traiettorie definite dal diagramma di fase:



Con gli stessi dati di sopra ma con  $r_1 = -1.1$  l'origine non è più stabile ma diventa stabile il punto di equilibrio dato da  $x = 1.1489$  e  $y = 1.1$ . La dinamica converge ma per oscillazioni smorzate, dato che gli autovalori del sistema linearizzato sono complessi ma con parte reale negativa. Infatti abbiamo:



Tornando all'approssimazione adiabatica, essa ci permette di ridurre la dimensione del sistema, e di studiare la dinamica dell'intero sistema in termini del comportamento delle variabili d'ordine. Ma che succede in caso di variazione in uno dei parametri d'ordine? Ancora Gandolfo: "Suppose that changes in external conditions, for example a change in a parameter (in the strict sense), cause a qualitative change in an eigenvalue of the reduced system which undergoes a bifurcation of some type. The order variables will move into the new dynamic state and drag the slaved variables with them into this new state" (Gandolfo G., 1997, cit. pag. 535). E' anche possibile che, cambiamenti nelle condizioni generali del sistema, comportino che una variabile da lenta diventi veloce o viceversa. Allora "One may think of this as a situation in which a formerly slaved move 'revolts' and becomes an order parameter (Diesner and Poston, 1984). Thus the chaotic dynamics may be associated with a self-organized restructuring of the system and the emergence of a new order. In



this sense it is a view similar to Prigogine's 'order through chaos' (Prigogine, 1980)" (Gandolfo G., 1997, cit. pag. 536).<sup>4</sup> La differenza fra il riduzionismo tipico della fisica classica che analizza la dinamica di un sistema come semplice somma del comportamento dei singoli elementi che lo compongono e la sinergetica è evidente. Infatti, in quest'ultima, la dinamica del sistema generale origina non come semplice somma del comportamento dei singoli sub-sistemi, ma in seguito alla complessa rete di interrelazioni fra tali sub-sistemi che sono di natura non-lineare. Si potrebbe anche obiettare che la dinamica dei singoli sub-sistemi sia in parte definita dalle caratteristiche strutturali di fondo del sistema generale e che, quindi, sia in parte riversata la direzione causale di quale sia la dinamica che influenza l'altra. La questione ci porta su un terreno un po' diverso, e riguarda, sul piano economico, il rapporto fra micro e macroeconomia.<sup>5</sup> E' chiaro però che cambiamenti istituzionali possono comportare dinamiche completamente diverse nei vari sub-sistemi che compongono il sistema generale, dando luogo ad una nuova struttura nei rapporti fra i vari sub-sistemi stessi ed ad un conseguente cambio nella struttura dei parametri d'ordine che guidano l'evoluzione complessiva del sistema oltre a quella dei singoli sub-sistemi. Cambi più o meno improvvisi nella struttura di tali parametri d'ordine modifica la natura delle singole variabili che da lente possono diventare veloci e viceversa. Ma anche senza sostanziali modifiche istituzionali nel nostro sistema in considerazione, tali variazioni nella natura delle variabili possono ugualmente verificarsi. Ad esempio, un improvviso cambiamento nel quadro dei rapporti economici internazionali, può comportare sostanziali modifiche nella dinamica qualitativa di certe variabili all'interno del nostro sistema dipendendo ciò dal grado di internazionalizzazione del sistema stesso, ovvero dal grado in cui il sistema dipende dal settore estero. In questo quadro di sostanziale incertezza, se e con quale velocità i provvedimenti di politica economica del Governo si diffonderanno nel sistema macroeconomico diventa quasi un gioco d'azzardo. Come ho già avuto modo di dire in precedenza, questo non significa sfiducia nei confronti dell'intervento del Governo nel sistema economico. Anzi, ritengo che è proprio il progressivo processo di privatizzazione del sistema economico stesso che ha reso il Governo sempre meno in grado di poter effettuare una politica economica efficace, in quanto sono diventati sempre più aleatori gli effetti dei vari provvedimenti dipendendo essi sempre più dalle scelte del settore privato, in cui operano soggetti con interessi configgenti fra di loro. I risultati di tale conflitto sociale sono altamente imprevedibili e possono rendere del tutto inutili e inefficaci i provvedimenti del Governo. Questo processo di privatizzazione è il risultato di precise scelte dettate da un predominio ideologico di stampo liberista, ispirato e diretto scientemente dalle principali istituzioni economiche e finanziarie mondiali (FMI, FED, BCE, WTO, World Banking) alle cui direttive i vari Governi si sono sostanzialmente adeguati. Soprattutto la liberalizzazione dei movimenti di capitali, ha reso praticamente incontrollabili ingenti flussi finanziari che si muovono rapidamente in base anche a minime differenze nei saggi di rendimento e che restano immobilizzati anche per periodi di tempo brevissimi dando luogo ad operazioni di immobilizzo/smobilizzo molto rapide. La predisposizione da parte delle autorità politiche di strumenti finanziari sempre più rischiosi ed altamente speculativi, ha creato le premesse per una maggior instabilità sui mercati finanziari contribuendo in misura ancora maggiore ad una instabilità generale dell'intero sistema economico, sul quale il Governo ha sempre minor capacità di controllo e di direzione.

## **MODELLI MATEMATICI, STABILITA' ED INSTABILITA': ALCUNE CONSIDERAZIONI FINALI.**

Nelle pagine precedenti abbiamo parlato spesso di stabilità ed instabilità in riferimento anche alle soluzioni di equilibrio delle equazioni differenziali, oltre che al concetto più esplicitamente riferito a situazioni economico-sociali. In generale, nella comune visione delle cose, una situazione stabile viene associata al concetto di buono o desiderabile, mentre una situazione instabile al concetto di cattivo o indesiderabile. Questo perché l'equilibrio economico è visto con desiderabilità, anche perché ad esso si associa una situazione non oscillante che conferisce anche una certa sicurezza di natura psicologica. Vista in questo modo, la questione assume dei contorni troppo semplicistici, in quanto questa associazione spesso è frutto di un comune sentire popolare che associa ad una situazione incerta, fluida ed instabile, previsioni non ottimistiche sulla evoluzione futura di un certo sistema. L'instabilità non si sa mai dove porta, ovvero quale direzione può prendere. Allora l'incertezza la fa da padrona e condiziona i comportamenti presenti e futuri dei vari soggetti. Se poi una certa situazione assume i contorni di una evoluzione caotica del sistema, l'associazione fra instabilità e indesiderabilità assume i contorni di una perfetta coniugazione. Vista in questo modo, tale associazione non sembra poi molto fuori luogo. Ma, ad un'analisi più attenta ed approfondita, la questione assume contorni che possono avere aspetti anche molto diversi, e tali da far desiderare l'instabilità, almeno come condizione dalla quale si spera possa scaturire una situazione nuova giudicata migliore della precedente. Supponiamo che dalla soluzione di un sistema di equazioni differenziali, risulti che in base alle relazioni causali ed ai coefficienti utilizzati, il livello di equilibrio dello stock di inquinante sia ritenuto troppo alto rispetto ai livelli desiderati e ad un certo programma di abbattimento e contenimento delle emissioni da parte del Governo. Se inoltre, la dinamica del sistema è tale per cui esso converge per lo stock di inquinante verso tale valore di equilibrio, si dirà che, tecnicamente, il sistema è stabile. Ma, è evidente, che a tale situazione di stabilità puramente matematica non si può certo associare il concetto di desiderabilità da un punto di vista sociale in quanto uno stock di inquinante troppo elevato può comportare rischi altrettanto elevati per l'intero sistema economia-ambiente nel creare condizioni difficilmente reversibili. Allo stesso modo, un livello elevato ma stabile del tasso di disoccupazione, un alto rapporto debito-Pil e via dicendo, possono rappresentare situazioni di stabilità ma di forte indesiderabilità non solo sul piano strettamente economico ma anche su quello sociale. Invece, situazioni fluide ed anche di una certa instabilità, possono sempre comportare l'emergere di situazioni nuove stabili ma di maggiore desiderabilità. Ovviamente, non sempre è detto che da situazione instabili sorgano nuove forme organizzative migliori delle precedenti. Per esempio, l'instabilità nell'equilibrio di uno stock di inquinante elevato, non è detto che comporti automaticamente una nuova situazione di stabilità ed a un livello più basso del precedente di tale stock. Ancora una volta l'incertezza regna sovrana e, come abbiamo spesso sottolineato, essa è in gran parte frutto di decisioni autonome che i vari agenti economici prendono indipendentemente gli uni dagli altri e in base a puri calcoli di convenienza. È la stessa struttura altamente privatistica del sistema capitalista che conferisce gran parte dell'incertezza all'intero sistema. Ma allora, il problema perde gran parte dei suoi aspetti tecnico-formali, ed acquista connotati che investono la sfera dell'etica e della politica, ovvero investe il fondamentale problema di quale sistema sia migliore di un altro per il raggiungimento di determinati obbiettivi. Qui ognuno è libero di pensare

ciò che ritiene più giusto ed opportuno. Il problema dell'ideologia, lungi dall'essere troppo frettolosamente stato dichiarato come superato, è invece preponderante nella definizione di scelte politiche, economiche e sociali e delle conseguenti definizioni di programmi e relativi tipi di intervento. Ancora un'altra questione è degna di essere sottolineata. Che cosa vuol dire convergenza verso una posizione di equilibrio? Ammesso che il modello matematico presenti una soluzione che, tecnicamente, evidenzia tale convergenza, esso deve sempre fare i conti con le dinamiche sociali e politiche che si sovrappongono alla struttura formale del modello stesso. Un cambiamento di tali dinamiche rende precaria la dinamica di convergenza al valore di equilibrio e quindi tutto il modello rischia di avere una efficacia predittiva molto precaria. Ancora una volta il modello matematico rischia di viaggiare su un binario separato dalla realtà che intende rappresentare. Qui noi abbiamo utilizzato in prevalenza modelli lineari per poter avere una soluzione in forma chiusa delle equazioni differenziali. Nella realtà, come abbiamo già detto nella parte introduttiva a proposito del rapporto fra sub-sistemi e sistema complessivo, le relazioni sono spesso di natura non lineare e, a parte la difficoltà nel definire i rapporti causali, raramente si possono avere soluzioni in forma chiusa. Quindi, o cerchiamo una simulazione numerica che però richiede la definizione quantitativa dei vari coefficienti e parametri che spesso è solo ipotetica, oppure sul piano puramente analitico-qualitativo se ne può fare solo una analisi locale mediante linearizzazione e calcolo degli autovalori del relativo jacobiano del sistema. Ma l'analisi locale ha validità solo nell'intorno del punto di equilibrio delle variabili che compongono il sistema di equazioni differenziali, mentre non sappiamo cosa succede lontano dall'equilibrio. Dal segno degli autovalori, come insegna qualunque testo di teoria dei sistemi dinamici a proposito del teorema Hartman-Grobman, è possibile estendere i risultati del modello linearizzato al modello non-lineare ma solo nell'intorno del punto di equilibrio. E non sempre questa operazione è possibile in quanto quando le radici dell'equazione caratteristica sono puramente immaginarie con parte reale zero, allora non è possibile l'analisi anche locale del sistema non-lineare salvo casi particolarissimi (Cecconi L., 2015, cit. pag. 44 e seg. a proposito del modello Lotka-Volterra). Allora, se non si tiene conto che l'analisi attraverso il modello matematico non può che essere parziale, anche perché nella sua costruzione forzatamente occorre tralasciare alcune variabili, si rischia di riporre nei risultati una fiducia ingiustificata che sottovaluta la reale dinamica del sistema. La dinamica del conflitto sociale fra le classi che costituiscono la struttura fondamentale del sistema capitalistico stesso, credo presenti caratteristiche di incertezza tali da rendere praticamente impossibile una sua formalizzazione matematica e la cui importanza è stata spesso sottolineata in questo lavoro. Ed è questa incertezza che conferisce un carattere di estrema imprevedibilità alla dinamica delle altre variabili e dell'intero sistema. Inoltre, il verificarsi di possibili violenti shock esogeni e di natura spesso sconosciuta, che si vanno a sovrapporre alla dinamica generata endogenamente dal modello, aumentano la turbolenza nel sistema rischiando di ridurre ogni previsione ad uno sterile ed inutile esercizio. A questi shock esogeni non si sottraggono nemmeno economie altamente pianificate e dirette da una Autorità Centrale che, almeno sul piano strettamente teorico, hanno un alto grado e capacità di controllo delle variabili endogene del sistema delle quali possono indirizzarne l'evoluzione dinamica verso determinati obiettivi. La possibilità che l'eleganza formale di certi modelli matematici eserciti un fascino al quale il ricercatore non riesce a sottrarsi, è molto forte e allo stesso tempo abbastanza pericolosa perché si rischia di attribuire validità a ciò

che invece è estremamente labile. Se poi certi risultati sono la base fondamentale di economia positiva che si riflette nella costruzione di modelli di economia normativa per la politica economica del Governo, ecco allora che porsi la questione del se, come e quando certi provvedimenti possano avere una certa efficacia, diventa pienamente legittima. Il se riguarda la possibilità che tali provvedimenti abbiano efficacia, il come riguarda invece l'intensità di tale efficacia, mentre il quando investe il problema della velocità o lentezza con cui tali provvedimenti inizino a produrre gli effetti desiderati (e sperati) dal Governo nel sistema macroeconomico. Questo problema della velocità, come accennato in precedenza, può diventare di estrema importanza quando si tratti di fronteggiare determinati problemi che presentino una urgenza indifferibile nel lungo periodo. L'esempio oggi sicuramente più indicativo di tale urgenza è certamente il problema dell'inquinamento ambientale, dove il continuo rimandare di drastici provvedimenti da parte della maggioranza dei paesi industrializzati, rischia di trasformarsi (o se non lo sia già per certi aspetti) in una situazione di grave irreversibilità dei danni prodotti dallo stock di inquinante accumulatosi. In questo caso credo che provvedimenti di natura indiretta, come ho fatto rilevare in precedenza a proposito della carbon-tax, che rimettano poi alle decisioni dei privati come comportarsi, abbiano un effetto marginale. In tal caso, un insieme di provvedimenti drastici fatti di divieti e rigidi controlli da parte della Pubblica Autorità sulle attività inquinanti, può essere più efficace anche se in alcuni strati della popolazione può ingenerare impopolarità politica. Ma, in tal caso, il generale interesse pubblico sopravanza anche il rischio di tale impopolarità, e i divieti e controlli appaiono come una sorta di beni meritori (*merit goods*). Secondo Baumol-Oates "Environmental conditions may, under certain situations, alter so swiftly that fees simply may not be able to produce the necessary change in behaviour quickly (or predictably) enough to avoid a real catastrophe. This suggests one major attraction of direct controls: *if enforcement is effective*, controls can induce, with little uncertainty, the prescribed alterations in polluting activities" (Baumol W.J e Oates W.E., 1988 pag. 193). L'uso di strumenti indiretti potrebbe addirittura sortire l'effetto opposto a quello desiderato dal Governo, come nel caso di un sussidio offerto per chi riduce l'output dal quale dipende l'inquinamento. Sempre secondo Baumol-Oates "In a competitive industry, where polluting emissions are a fixed and rising function of the level of industry output, equal tax and subsidy rates will normally not lead to the same output levels or to the same reduction in total industry emissions. Other things being equal, the subsidy will yield an output an emission level not only greater than those that would occur under the tax, but greater even than they would be in the absence of either tax or subsidy. As already noted, the explanation of our paradox is straightforward. The subsidy does indeed reduce the level of emission per firm. But it necessarily attracts into the industry enough additional firms to offset this reduction and more. Thus, we can hardly expect the effect of the subsidy on the decision of the firm to continue or discontinue operations to be an insignificant matter" (Baumol W.J e Oates W.E, cit. pag. 222). In tal caso, la riduzione dell'output da parte delle imprese già presenti nel settore per ottenere il sussidio, verrà probabilmente anche più che compensato dal maggior output complessivo prodotto per via del fatto che altre imprese affluiranno nel settore per fruire del sussidio. Quindi, ciò che non viene più prodotto dalle imprese esistenti prima del sussidio, verrà ora più che compensato dall'output prodotto dalle nuove imprese. Il provvedimento del Governo non solo non avrebbe in tal caso nessuna efficacia, ma otterrebbe un effetto opposto a quello desiderato con un maggior livello di

emissioni rispetto alla situazione ante-sussidio, se si suppone che vi sia un rapporto diretto di stretta proporzionalità fra output prodotto ed emissioni di sostanze inquinanti. Ovviamente questa evenienza non è una certezza, in quanto le imprese non presenti nel settore al momento della decisione del Governo di concedere il sussidio, possono incorrere in certi costi di spostamento tali da più che compensare il sussidio stesso e quindi da sconsigliare lo spostamento stesso. Questo è un altro elemento che conferisce incertezza ai risultati sperati dalla concessione del sussidio. Una perfetta conoscenza della struttura dei costi delle imprese potenzialmente affluenti al settore che ha ottenuto il sussidio, permetterebbe di fare previsioni molto più certe sulla efficacia o meno di tale provvedimento. Ma come fatto rilevare anche a proposito della carbon-tax, tale conoscenza è quasi impossibile. Vediamo rapidamente la semplice struttura del modello proposto da Baumol-Oates (cit .pag. 222 e seg.). Si abbia la seguente semplice relazione che lega le emissioni all'output:

(36)

$$s = by$$

Dove  $b$  è il saggio delle emissioni (costante).

Inoltre si abbia:

- $s^*$  = livello base di inquinamento per il calcolo del sussidio.
- $y^*$  = corrispondente livello dell'output dove  $s^* = by^*$
- $s^v$  = emissioni dell'impresa rappresentativa dopo il saggio di sussidio  $v$ .
- $y^v$  = output dell'impresa rappresentativa dopo il sussidio.

Allora il pagamento fatto all'impresa rappresentativa dopo il sussidio è dato da:

(37)

$$V = v(by^* - by^v)$$

E' chiaro che l'aumento del livello base (*benchmark*) dell'inquinamento fa aumentare il pagamento totale fatto all'impresa mentre, all'opposto, più alto resta l'output anche dopo l'introduzione del sussidio e minore è il sussidio erogato. Infatti abbiamo:

(38)

$$\frac{\partial V}{\partial y^*} = vb > 0, \quad \frac{\partial V}{\partial y^v} = -vb < 0$$

Amesso che tutte le imprese già presenti nel settore al momento dell'introduzione del sussidio riducano l'output per usufruire del sussidio stesso, le emissioni totali dipenderanno e da quelle delle imprese già presenti e da quelle delle nuove imprese attratte nel settore dal pagamento del sussidio. La quantità di nuove imprese attratte dipenderà anche, come abbiamo ipotizzato sopra, dai costi di spostamento di queste imprese. Quindi, è difficile dire ex-ante se le emissioni totali saranno maggiori o minori rispetto alla situazione senza il sussidio. Inoltre, secondo Baumol-Oates,

lo stesso risultato di aumento dell'output può essere raggiunto, in condizioni di oligopolio, anche mediante l'apertura di nuovi impianti da parte delle imprese già esistenti. Infatti: "Note also that the problem need not be limited to competitive industries. Under oligopoly, for example, a subsidy program may induce the entry of new firms or the opening of additional plants that can produce precisely the same sort of result" (Baumol-Oates, cit. pag.223-224). Le conclusioni tratte dai due autori in merito dovrebbero quindi tenere conto della possibilità che i costi di spostamento possano più che compensare il sussidio in modo tale da scoraggiare alcune imprese ad affluire nel settore. La stessa considerazione deve essere fatta sui costi addizionali per l'apertura di nuovi impianti da parte delle imprese oligopolistiche.

A conclusione di questo lavoro, non mi resta da dire ancora molto a rischio di ripetere concetti già ampiamente espressi in precedenza. Tuttavia, in rispetto di una certa onestà intellettuale, devo ribadire una scarsa fiducia nella possibilità che certi provvedimenti di politica economica da parte del Governo sortiscano appieno gli effetti sperati e desiderati. Il continuo processo di privatizzazioni frutto di un clima ideologico (chi diceva che le ideologie erano morte e sepolte?) che ha pervaso le economie occidentali (e non solo, dopo il 1989), ha reso sempre più precaria la possibilità di perseguire una politica industriale che vedesse i Governi protagonisti di tale politica animata da interessi prevalentemente pubblici e non di puro profitto. Da un lato, abbiamo la magnificazione del mercato e della libera concorrenza quale *deus ex-machina* in grado di risolvere qualunque problema di allocazione di risorse e di efficienza (guai agli aiuti di Stato!) e di cui le principali istituzioni economiche e monetarie internazionali ne sono profeti incrollabili, dall'altro l'evidente realtà che invece rivela la sostanziale incapacità di tale meccanismo di perseguire e raggiungere obbiettivi che vadano oltre il semplice mito dell'efficientismo capitalista. La questione drammatica del deterioramento ambientale, di cui il riscaldamento globale è forse l'aspetto cruciale di tutto il problema, è l'evidenza più lampante della inconsistenza e del sostanziale fallimento di tale mito. A ciò hanno contribuito in parte anche le economie ex-socialiste. Prima nella loro rincorsa ai livelli di produzione delle economie occidentali poi, dopo il 1989, nella loro sostanziale trasformazione in sistemi economici che ricalcano sostanziali aspetti e strutture delle economie capitaliste.

## Note

<sup>1</sup> Per un approfondimento dell'argomento sugli esponenti di Lyapunov si veda l'analisi svolta in Bertuglia-Vaio, 2007 pag. 229 e seg., Puu, 2003, pag. 171-174, Esgolts, 1981, pag. 217 e seg.

<sup>2</sup> Una formulazione completa per il procedimento di calcolo dei raddoppiamenti di periodo nella dinamica dell'equazione logistica è svolta in Shone, 2002. pag. 302 e 319.

<sup>3</sup> Si veda la formulazione in Zhang, 1991, cit. pag. 193-194.

<sup>4</sup> Un'analisi completa e dettagliata in merito al principio di asservimento e alla sinergetica economica, si trova in Zhang, 1991, cit. cap. 9-10, pag. 193-227. Sul principio di asservimento e sulle variabili lente e veloci, si veda anche Gandolfo, 1997 cit. pag. 533-536.

<sup>5</sup> Per un approfondimento su tali argomenti, si veda Graziani A., 1982, pag.703-741. Al riguardo, il nucleo centrale della questione è se sia il comportamento dei singoli soggetti, lavoratori o capitalisti, a determinare il comportamento generale di classe del proletariato o dei capitalisti come somma del comportamento dei singoli, o se invece sia il fatto di appartenere ad una certa classe sociale che determina il comportamento dei soggetti che appartengono a quella determinata classe: in questo caso il principio etico fondamentale del capitalismo, ovvero della libertà di scelta, subisce un netto ridimensionamento, in quanto la scelta è in gran parte dettata dall'appartenere ad una certa classe sociale. E' chiaro che in questo secondo caso, la questione dell'agente rappresentativo diventa praticamente insignificante. Ma anche all'interno di una relazione tipo sinergetica, il problema presenta degli aspetti nuovi e si complica non poco, specialmente quando si ha a che fare con sistemi di tipo economico-sociale).

## **BIBLIOGRAFIA**

- Ackley G. (1971) *Teoria Macroeconomica*, Ed. It. Einaudi, Torino.
- Baumol W.J. – Oates W.E. (1988) *The Theory of Environmental Policy*, Cambridge Univ.Press, Cambridge UK.
- Bertuglia C.S. - Vaio F. (2007) *Non linearità, caos, complessità*, Bollati Boringhieri, Torino.
- Cecconi L. (2015) *Analisi Dinamica di Modelli Integrati Economia-Ambiente: un Approccio Critico*. Tesi Ph.D., DEPS Univ. Siena.
- Esgolts Lev E. (1981) *Equazioni differenziali e Calcolo delle Variazioni*. Ediz. Mir Mosca, Trad. It. Editori Riuniti, Roma.
- Gandolfo G. (1997) *Economic Dynamics*. Springer, Berlin.
- Gandolfo G. (2002) *International Finance and Open-Economy Macro-Economics*. Springer, Berlin.
- Gatto A. – Marino D. (1998) *Dinamica Economica, Complessità e Caos*. Liguori, Napoli.
- Graziani A. (1982) L'Analisi Marxista e la Struttura del Capitalismo Moderno, in *Storia del Marxismo*, Giulio Einaudi editore, Torino, Vol. 4 Pag. 703-741.
- Graziani A. (1992) *Teoria Economica – Macroeconomia*. E.S.I., Napoli.
- Lange O. (1979) *Teoria della Riproduzione e dell'Accumulazione*. Boringhieri, Torino.
- Medio A. (1992) *Chaotic Dynamics. Theory and Applications to Economics*. Cambridge Univ. Press. Cambridge, UK.
- Puu T. (2003) *Attractors, Bifurcation and Chaos: Non Linear Phenomena in Economics*. Springer Berlin.
- Shone R. (2002) *Economic Dynamics*. Cambridge Univ. Press, Cambridge UK.
- Smith W.L. (1970) *Macroeconomia*. Il Mulino, Bologna.
- Zhang W.B. (1991) *Synergetic Economics. Time and Change in Non-Linear Economics*. Springer, Berlin.