

Università degli Studi di Salerno  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE ECONOMICHE E STATISTICHE

Massimo Salzano\*

## UNA SIMULAZIONE NEO-KEYNESIANA AD AGENTI ETEROGENI

WORKING PAPER 3.160  
Marzo 2005

\* Dipartimento di Scienze Economiche e Statistiche – Università degli Studi di Salerno – via Ponte Don Melillo – 84084 Fisciano (Salerno), [salzano@unisa.it](mailto:salzano@unisa.it)



Sommario .....	3
1. Introduzione .....	5
2 Motivazione e rapporto con i lavori esistenti.....	8
3. Il contesto di simulazione .....	17
4. Il modello di simulazione.....	23
5. Gli strumenti per analizzare gli effetti di politica nel caso di sistemi complessi incerti e basati su agenti eterogenei .....	25
6. Risultati della Simulazione .....	28
7. Risultati differenti ottenuti dai modelli tradizionali e loro motivazioni.....	39
8. Conclusioni e possibili estensioni del modello .....	41
Bibliografia .....	45



### **Sommario**

*Questo capitolo muove dalla constatazione che sebbene i sistemi economici siano considerati complessi e vi siano numerose analisi teoriche che evidenziano che i meccanismi alla base della operatività dei sistemi complessi siano diversi rispetto a quelli tradizionali, c'è una diffusa reticenza nell'applicazione dei risultati delle ricerche sui sistemi complessi adattivi alle analisi di politica economica. L'obiettivo è quello di sottolineare la possibilità di individuare un approccio alternativo alla teoria delle decisioni e un metodo di modellizzazione che evidenzi il legame di duplice direzione macro-micro. A tal fine, sarà formalizzato un metodo di modellizzazione e saranno forniti semplici esempi applicativi per l'analisi di politica economica e confrontati i risultati ottenuti da una simulazione ad agenti eterogenei con quelli ottenibile adoperando l'ipotesi di agente rappresentativo. Il capitolo presenta una shell di simulazione ad agenti basata sia su equazioni economiche che sull'interazione degli agenti (un modello Neo Keynesiano con agenti eterogenei). Su questa base si mostra come la modellizzazione esplorativa e le strategie adattive possano essere adoperate per ottenere suggerimenti di policy adeguati ai sistemi adattivi complessi e come l'effetto di semplici interventi di politica economica potrebbe differire da quello ottenibile sulla base di un modello basato sull'ipotesi dell'agente rappresentativo sia con che senza interazione. Questo, ovviamente, non è che solo il primo passo verso la formulazione di suggerimenti di politica economica derivati da un approccio complesso.*

Parole chiavi: Simulazione ad agenti eterogenei; Modello Neo-Keynesiano, Politica economica e fiscale.



## 1. Introduzione

Sebbene molte analisi teoriche evidenzino che le regole di operatività dei sistemi complessi differiscono rispetto a quelle tradizionalmente adoperate nei modelli economici esse difficilmente danno luogo a suggerimenti di politica economica.

Cercheremo di evidenziare che ciò è dovuto principalmente al fatto che analisi di politica economica di sistemi complessi richiedono metodi alternativi sia per la modellizzazione, che deve tener conto delle caratteristiche di tali sistemi ed evidenziare un legame di duplice direzione macro-micro, che per l'approccio alla teoria delle decisioni. Infatti, questi sistemi possono essere definiti come quei sistemi per cui nessun modello meno complesso del sistema in se può prevedere esattamente e dettagliatamente il comportamento dello stesso. Per i modelli complessi, come è noto, modelli analitici non sono possibili ed è necessario ricorrere a simulazioni ad agente.

Si cercherà, quindi, di compiere un primo passo verso l'ottenimento, da più parti auspicato, di suggerimenti di politica economica derivati da un approccio complesso. A questo scopo viene descritto un metodo di modellizzazione che presenta le caratteristiche dette, viene analizzato e proposto un approccio alla teoria delle decisioni adeguato ai sistemi complessi e sono forniti esempi della sua applicazione ad analisi di politica economica confrontandone i risultati con quelli ottenibili da un approccio tradizionale.

Il metodo di modellizzazione proposto si basa su un modello NeoKeynesiano esteso alla specifiche considerazioni di agenti eterogenei interattivi.

Dopo aver considerato lo stato dell'arte (par. 2), partiamo esplicitamente da un modello di tipo Neo-Keynesiano basato sull'ipotesi di razionamento microeconomico (prezzo e salario fissi nel breve periodo), sull'Agente Rappresentativo<sup>1</sup> (AR) e perfetta informazione.

Nel paragrafo 3 consideriamo lo scenario teorico di tale metodo. Mentre

---

<sup>1</sup> Per una critica dell'Agente Rappresentativo si veda Kirman (1992)

nel paragrafo 4 evidenziamo le caratteristiche principali del modello di simulazione. Per la simulazione è stata adoperata una delle “shell” più semplici e potenti: *NetLogo*<sup>2</sup>.

Seguendo la metodologia ad Agenti, costruiamo il nostro "mondo virtuale" con un approccio “bottom-up”. Specifichiamo un certo numero di micro-entità (individui e imprese) e consentiamo che interagiscano sulla base di alcune ovvie regole economiche minimali<sup>3</sup>. Per costruire un modello economico più vicino alla realtà di quanto lo siano i modelli usualmente adoperati si introduce l’esplicita considerazione dell’eterogeneità e della non perfetta informazione. In letteratura sono stati considerati diversi tipi di eterogeneità, ma non tutti incrementano il realismo del modello (Mirowski e Somefun 1998). Essi spesso si limitano a partizionare la realtà stessa in due o più sottoinsiemi<sup>4</sup>. Qui ci interesseremo dell’eterogeneità generalizzata delle preferenze degli individui che non presenta tale limite. Questo introduce una dinamica di tipo complesso nel modello cosicché l’aggregazione dei diversi equilibri può provocare un equilibrio globale differente da quello ipotizzabile nel caso in cui i mercati, prima dello scambio, siano aggregati. Corollario di ciò è che per ciascuna coppia di agenti – individuo ed impresa – che scambiano sul mercato, gli interventi di politica economica possono dar luogo ad effetti differenti. Inoltre, introdurremo la possibilità che gli individui possano scambiare informazioni sulla situazione sperimentata da ciascuno e che ciò possa modificare le loro preferenze. Tale meccanismo introduce effetti di feedback dal livello macro a quello micro (“top-down”) che, come evidenziato da Schelling (1978), sono tipici dei sistemi caratterizzati da regole che devono valere in aggregato (ma che non valgono per la singola unità) e presentano un’alta complessità.

Il paragrafo 5, quindi, si concentra su come sia possibile ottenere suggerimenti di politica economica per sistemi complessi partendo da

---

<sup>2</sup> La shell è disponibile al sito: <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>. La simulazione proposta è disponibile al sito <http://www.ecople.org/> in “New Keynesian Simulation”.

<sup>3</sup> Qui si trascurava la considerazione che un’impresa fallisce se non vende, per un certo numero di periodi, né che un individuo muore se non consuma. E’ possibile introdurre facilmente questo meccanismo.

<sup>4</sup> Si veda Gallegati, Kirman (1999).

simulazioni ad agenti eterogenei<sup>5</sup>. Nel caso delle simulazioni ad agenti, come è ben comprensibile, l'ampia "dimensione dello spazio dei parametri" del modello (differenti valori che possono assumere i settaggi) e l'usuale presenza di non linearità delle relazioni possono dar luogo a risultati profondamente differenti per ogni simulazione. Pertanto, per la valutazione dell'effetto di una politica economica dobbiamo usare una metodologia generale che possa tracciare i tutti i possibili risultati di una gamma di simulazione in un singolo grafico<sup>6</sup>. Dobbiamo, quindi, applicare un adeguato sistema di analisi se vogliamo ottenere suggerimenti corretti. A questo proposito, la letteratura<sup>7</sup> ha sottolineato la necessità di abbandonare un approccio ai suggerimenti di politica economica basato sul tradizionale concetto di ottimizzazione per ricorrere ad uno basato su di un principio di "robustezza".

Nel paragrafo 6, si riportano i risultati delle simulazioni. Nel 6.1 si analizzano le macro-proprietà emergenti dalle interazioni tra individui eterogenei senza considerare l'intervento pubblico. Inoltre, saranno considerate le modificazioni causate sulle preferenze degli individui da tali proprietà, tramite il processo di comunicazione (approccio "top-down" evolutivo). Nel 6.2 consideriamo l'effetto di semplici strumenti di politica economica: l'aumento di spesa pubblica evidenziando come adoperare gli strumenti proposti per ottenere suggerimenti di politica economica nel caso di sistemi economici complessi.

Il confronto con i risultati tradizionali e le motivazioni delle differenze chiudono il lavoro (paragrafo 7). L'obiettivo è di capire come e se gli effetti della politica che si manifestano in questo modello sono differenti da quelli

---

<sup>5</sup> In questi modelli Agent Based (ABM) vengono riprodotte le funzioni del mondo reale per ottenere una comprensione qualitativa del comportamento degli agenti evitando di ricercare previsioni quantitative. Ovviamente, gli strumenti tradizionali dell'analisi degli effetti della politica economica, basati come sono sulla ricerca di politiche che operano meglio (ottimalità delle politiche) su un singolo modello di previsione del sistema, non possono essere utilizzati.

<sup>6</sup> NetLogo è molto utile da questo punto di vista poiché dispone di uno strumento integrato - "spazio del comportamento" (BehaviorSpace) - che consente di ottenere tutti i risultati di una simulazione cambiando i parametri del modello.

<sup>7</sup> Si veda Banks (2002) e la bibliografia ivi citate.

ottenibili sulla base del tradizionale modello aggregato, meno reale ma più semplice e quindi, se il costo in termini di sforzo del ricercatore comportato dall'utilizzo di un modello più complesso può essere giustificato dalla rilevanza dei risultati.

## **2 Motivazione e rapporto con i lavori esistenti**

Uno dei principali problemi sollevato dal realismo di un modello economico è quello del rapporto fra macro e microeconomia. Fino agli anni 60, una gran parte dell'economia Keynesiana si è interessata solamente di questi aggregati macroeconomici quali inflazione, disoccupazione ed prodotto interno lordo, non chiedendosi mai quale potesse essere il rapporto fra di essi e le scelte fatte dai diversi agenti nell'economia.

Le proprietà a livello macro di un sistema economico sono normalmente sintetizzate nell'equilibrio di tipo Walrassiano, Keynesiano, Neoclassico e così via. Esse poggiano su modelli analitici di equilibrio e implicano, generalmente, una separazione tra i livelli macro e micro (problema dell'aggregazione) o, al massimo, una relazione unidirezionale tra il primo ed il secondo livello tramite variabili aggregate (spesso monetarie) come tasso di interesse, di inflazione, di disoccupazione, del livello dei prezzi o dei salari.

Molti lavori hanno evidenziato lo scarso realismo della modellistica macro a causa della mancanza di fondamenti microeconomici. La mancanza di tale microfondazione e di una base teorica di equilibrio economico generale è stata uno dei principali motivi per un sostanziale accantonamento delle teorie macroeconomiche, soprattutto Keynesiane (Ruby 2003). I tentativi di superare questo limite si sono concentrati su alcune fondamentali imperfezioni del mercato (Fokke e Folkerts-Landau 1982; Nishimura 1998), riguardanti l'informazione (incompleta, asimmetrica, etc.), la concorrenza (Ng 1980), il razionamento implicito che da ciò può derivare<sup>8</sup> (Muellbauer, J. and R. Portes, (1978) nonché i lavori di Clower (1965), Leijonhufud(1968)) e la coordinazione degli agenti (Gallegati 1999a). Ovviamente, quando le informazioni sono incomplete ed i mercati non si ripuliscono istantaneamente

---

<sup>8</sup> Si veda l'ampia ma datata rassegna in Salzano (1993).

il comportamento di apprendimento dell'individuo determina la dinamica del sistema. Ciò ha dato luogo a vari modelli interpretativi dell'economia più o meno microfondati. Infatti, dati gli strumenti tecnici disponibili al tempo, una reale microfondazione del modello macroeconomico era difficile.

Un esempio interessante di parziale microfondazione è costituita dal modello Neo-Keynesiano (Gallegati 1999b). Esso rappresenta un buon modello stilizzato dell'economia perché suppone che l'agente consumatore lavori con la finalità di acquistare beni e se è razionato su uno dei mercati (beni o lavoro) cambi le sue scelte anche sull'altro mercato. Si tratta di un macro-modello micro-fondato basato sull'ipotesi di Agente Rappresentativo.

### **2.1 Il caso di Agenti Rappresentativi**

Questo modello - modello di razionamento a prezzi fissi<sup>9</sup> - può essere risolto analiticamente dando luogo a risultati che sono compatibili - anche se in qualche modo differenti perché più generali - con quelli ottenibili sulla base dell'approccio tradizionale. Equilibri differenti - di tipo Keynesiano, Neoclassico, di Inflazione Repressa e di Sotto-Consumo - possono essere raggiunti secondo il genere di razionamento incontrato sul mercato dagli agenti.

Nel caso più semplice, ci sono tre agenti rappresentativi: l'impresa che organizza la produzione, assume manodopera e vende i beni finali - naturalmente non assume manodopera se non può vendere abbastanza beni e non produce (e non vende) i beni se non trova abbastanza manodopera; l'individuo, che lavora nell'impresa e acquista beni da essa - naturalmente egli non compra i beni se non può lavorare abbastanza e viceversa; e il governo, che può comprare i beni con "soddisfacimento preferenziale" ed imporre tasse ed imposte od concedere sussidi. Sul mercato si applica la regola del "mini-max". L'individuo e l'impresa fanno le loro scelte in base alle loro funzioni di utilità e di profitto tenendo conto dei razionamenti che incontrano sul mercato ai prezzi correnti. Il modello è analiticamente risolvibile. Ovviamente, sebbene non necessario, esso può anche essere simulato ipotizzando che vi siano più agenti, tutti eguali, per ciascun tipo.

---

<sup>9</sup> Seguendo Bohm (1993), gli aggiustamenti di prezzo e di salario possono essere introdotti esplicitamente sulla base "della legge di domanda ed offerta". Potrebbero essere combinati con aspettative incrementali o con "cost push terms".

A livello di semplificazione si può supporre che la domanda di beni (offerta di lavoro) degli individui si rivolga per ogni unità temporale verso una sola impresa e l'offerta di beni (domanda di lavoro) in quote eguali tra tutti gli individui che si rivolgono ad essa. Gli agenti rappresentativi hanno conoscenza perfetta circa l'offerta e la domanda degli altri agenti. Su questa base, regolano il loro comportamento ottimale su ogni mercato. Non si pone per gli individui un particolare problema di scelta se non quello di evitare il sovraffollamento verso una singola impresa. Un modello con più tipi di agenti, nell'ambito di ogni tipo tutti uguali, implica che indipendentemente dal fatto che le offerte e le domande individuali sia dei beni che del lavoro siano o no aggregate prima che si abbia lo scambio si ottengono gli stessi effetti. Ovviamente, anche in questo caso il modello può essere analiticamente risolto.

## **2.2 Il caso di Agenti Eterogenei**

È noto che gli agenti reali si allontanano significativamente dal comportamento ottimale ideale. Una rilevante causa di ciò è stata vista nella mancanza di coordinazione. Naturalmente, valendo l'ipotesi di AR non vi può essere mancanza di coordinazione tra gli agenti. Viceversa, l'eterogeneità degli agenti è stata riconosciuta come una delle cause principali "di mancanza di coordinazione" e come tale alla base dei meccanismi reali che operano in economia. Nel caso di eterogeneità è l'interazione che può modificare il coordinamento. La centralità dell'agente rappresentativo impedisce, però, la considerazione di interrelazioni se non tra agenti di tipo diverso (ad esempio consumatori e produttori).

Una spiegazione di ciò potrebbe essere che gli agenti accettano di formare una conoscenza soltanto approssimativa dei parametri economici reali per il costo di ottenere informazioni perfette: l'individuo sembra formarsi la sua idea del comportamento dell'impresa in base alle interrelazioni con altri agenti del suo stesso tipo ed alle informazioni così ottenute (Gallegati e Kirman, 1999).

Ciò suggerisce che i mercati hanno dinamiche di interrelazione interne non banali. Gli agenti possono essere ritenuti simili ad elementi di elaborazione di segnali che processano informazioni esterne e le incorporano nelle aspettative di prezzi e qualità futuri. Nella misura in cui i singoli agenti usano regole deterministiche di decisione, essi agiscono come filtri e

trasduttori di segnali, convertendo gli shock casuali delle informazioni in schemi temporali dei prezzi. Con la loro interazione, essi possono amplificare le informazioni parziali ed approssimate ricevute inducendo correlazioni temporali nelle scelte sul mercato reale e nella volatilità, nel volume e nel valore degli scambi su quello finanziario.

Le tecniche di modellizzazione basate sugli agenti possono essere adoperate per capire e spiegare meglio l'origine di comportamento sub-ottimale da parte degli agenti economici. Ad esempio, Andrews e Axtell (2002) applicano questa tecnica per comprendere meglio l'origine del comportamento sub-ottimale degli agenti.

La modellistica basata su un gran numero di agenti simili, cioè l'uso dell'agente rappresentativo, non è in grado di trattare questa questione<sup>10</sup>. Nel modello NeoKeynesiano, che poggia in gran parte sull'agente rappresentativo e, pertanto, limita le interrelazioni rilevanti solo agli agenti di tipo diverso, ciascun individuo ha ancora una conoscenza perfetta circa il comportamento degli altri agenti che potrebbe essere cambiato - se del caso - soltanto in base alla sua esperienza precedente con l'altro tipo di agente.

Per accrescere il realismo del modello è quindi necessario introdurre l'ipotesi di eterogeneità delle preferenze degli agenti.

Introducendo l'eterogeneità nelle preferenze degli agenti, abbiamo bisogno di un'equazione di comportamento per ogni agente. Di conseguenza, il modello non può più essere risolto analiticamente. Ciò significa che bisogna ricorrere alle simulazioni. Per questo, un metodo di simulazione ad equazioni potrebbe essere sufficiente, ma in tal caso, aumenterebbe la complessità analitica della modellizzazione. Per superare tale complessità dobbiamo adoperare tecniche di simulazione basate sugli agenti: l'Agent Based Modeling (ABM).

Usando una simulazione ad agenti il nostro modello può essere esteso al contesto di agenti eterogenei senza perdere le originarie caratteristiche.

L'interesse principale dell'ABM è diretto verso le interrelazioni sociali

---

<sup>10</sup> Infatti, come è stato abbondantemente evidenziato da Kirman (1992), se si ritiene che l'economia opererebbe in modo diverso se fossimo tutti uguali, non è possibile far uso dell'agente rappresentativo e senza l'agente rappresentativo è impossibile fornire la macroeconomia con una formale microfondazione usando gli strumenti analitici. L'analisi diviene semplicemente troppo complessa da gestire .

che possono avere indirette conseguenze economiche .

Le tecniche di simulazione ad agenti sono uno strumento a disposizione dell'economista che si focalizza soprattutto sull'importanza dei processi di interazione tra individui dello stesso tipo (per esempio consumatori, produttori, etc.). Da queste interazioni possono scaturire proprietà macroeconomiche emergenti, che cioè non sarebbero catturabili prescindendo da esse. Si tratta, quindi, fondamentalmente di un approccio "bottom-up". Più profonda è l'eterogeneità degli agenti<sup>11</sup>, più ampio l'effetto che queste interrelazioni potrebbero avere sul fenomeno dell'emergenza.

Le conseguenze di quest'interazione diretta tra gli agenti sono profonde. Infatti, se il mercato regola il livello dello scambio facendo riferimento solo al mercato aggregato come in Bruun (1999 e 2000), c'è un unico scenario di equilibrio di mercato e non scenari differenti per ogni agente. Sembra necessario, viceversa, ipotizzare che gli agenti interagiscano direttamente. In tal caso si è evidenziato che:

a) Se gli effetti di interazione sono deboli, come in alcuni mercati d'asta, allora gli aspetti strutturali del mercato (per esempio, numeri di compratori e di venditori, i costi, la dimensione) saranno i fattori determinanti dei risultati del mercato. In questo caso, le differenti strutture di mercato daranno luogo ad una distribuzione dei risultati relativamente semplice che avrà tendenza ad aggregarsi intorno ad un unico attrattore centrale il cui valore dipenderà dalle diverse condizioni strutturali.

b) Se gli effetti di interrelazione sono forti, come nel mercato del lavoro, allora ogni diversa struttura di mercato potrebbe dar luogo ad una distribuzione dei risultati possibili raggruppata intorno a due o più attrattori distinti che corrispondono alle possibili reti di interazione.

In letteratura ci sono ormai molti esempi di lavori che considerano specificamente l'effetto di tali interrelazioni sui fenomeni di insorgenza delle

---

<sup>11</sup> Intendiamo qui sottolineare la differenza tra eterogeneità di comportamento ed eterogeneità delle preferenze. L'essere castano o albino oppure il vivere in montagna o al mare può essere considerata una eterogeneità superficiale fintantoché non si tratti di scegliere un prodotto solare o di acquistare un maglione. In questo caso, infatti, la differenza inciderà sulle preferenze dell'individuo e non costituirà più una sua caratteristica accessoria come sarebbe altrimenti. Intenderemo con eterogeneità profonda quella che da luogo ad una differenza di preferenze.

mode, sulla diffusione delle informazioni, sulla formazione dei prezzi, sugli andamenti del mercato finanziario e così via<sup>12</sup>.

Il modello NeoKeynesiano può essere completato dalla presenza di eterogeneità delle preferenze degli agenti. Le scelte degli agenti, quindi, oltre che sulla base delle loro preferenze originali saranno effettuate sulla base dei cambiamenti di queste ottenuti per effetto della conoscenza acquisita circa il comportamento degli altri agenti (riguardo ai beni, al lavoro, ai prezzi, alle quantità richieste ed offerte). Essi possono cambiare, in base alle informazioni che ottengono, l'idea che hanno circa questi parametri. Il processo teso ad ottenere professionalmente queste informazioni è costoso. Pertanto, mentre le imprese preferiscono capitalizzare su queste informazioni per se stesse, gli individui sono disponibili a passarle unicamente ad amici e conoscenti, cioè ad altri individui con cui sono in relazione. Pertanto, gli individui potrebbero cambiare la loro idea sul valore di questi parametri sulle base delle informazioni ricevute da altri individui.

Noi concentreremo il nostro interesse sulle modificazioni delle proprietà macroeconomiche emergenti.

Nel caso di agente rappresentativo (RA), se l'economia è in regime neoclassico, ogni agente è nella stessa situazione. In genere nella realtà questo non si verifica. Di conseguenza, l'effetto medio è uguale a quello che si ha per ogni agente. Nel caso degli agenti eterogenei, viceversa, l'effetto puntuale dipende dalla situazione di razionamento incontrata da ogni singolo agente e l'equilibrio totale degli scambi è ottenuto come somma dei singoli effetti. Questo è però diverso dall'equilibrio che ci si attenderebbe sulla base delle domande ed offerte aggregate. Pertanto il risultato basato sulle domande ed offerte aggregate è diverso dalla somma dei singoli risultati<sup>13</sup>.

### ***2.3 Le modificazioni di fase e l'approccio "top-down"***

Nella maggior parte dei modelli economici ad agenti gli aspetti macroeconomici giocano soprattutto un ruolo di proprietà emergente. Viceversa, nei sistemi economici reali sembra che essi giochino un ruolo ben più ampio. Infatti, alcune delle proprietà emergenti (scaturenti dall'approccio

---

<sup>12</sup> Si vedano i lavori sorti intorno alla shell di Swarm e al gruppo di SantaFè.

<sup>13</sup> Ovviamente, nel caso di RA, l'effetto della politica economica è identico per ogni agente mentre ciò deve essere considerato solo un caso particolare per gli agenti eterogenei.

bottom-up) devono essere considerate come un cambiamento di fase in conseguenza del quale il comportamento dei nostri agenti si modifica (approccio top-down). Ad esempio, le aspettative in un modello neoclassico possono comportare una riduzione della disponibilità a lavorare degli agenti e quindi una modificazione delle loro preferenze. Nella letteratura di tipo simulativo le conseguenze di modificazioni di fase vengono spesso simulate sulla base di un semplice modello di Ising<sup>14</sup>.

La modificazione di fase a cui ci riferiamo riguarda, ovviamente, lo scenario locale incontrato da ciascun agente e, quindi, dagli agenti con cui è in interrelazione. Egli, nella ricerca del comportamento economico da seguire incontra più contraenti e sarà razionato sul lato del lavoro o su quello dei beni nel suo scenario "macroeconomico" locale. Inoltre ottiene informazioni sulle situazioni locali (razionamenti) incontrate da altri agenti. E' in questo scenario che effettuerà le sue scelte e, quindi, questo scenario incide sui suoi comportamenti economici.

E' ben noto, a questo proposito, che quando gli individui sanno, sulla base delle informazioni acquisite dal mercato e dagli agenti a loro prossimi, che lo stato dell'economia è in una situazione di carenza di opportunità di lavoro essi non si propongono più sul mercato del lavoro e sono disponibili a lavorare ad un salario minore. Analogo fenomeno viene osservato per i beni rispetto ai quali, in presenza di nota carenza o alti prezzi gli individui sviluppano quella che può indicarsi come aspettativa di inflazione; essi quindi sono disposti a comprare minori quantità o a pagare un prezzo più elevato per esse. In realtà, quindi, gli agenti economici stanno cambiando le loro preferenze in base alle informazioni acquisite e alla pregressa esperienza. Tali informazioni pesano sulle preferenze del singolo agente in due modi: a) informazioni generalizzate (dalla stampa, di natura macroeconomica, comunicati ufficiali) ai quali l'agente sembra dare scarsa rilevanza e che presentano un più lungo tempo per manifestare effetti; b)

---

<sup>14</sup> Forse il più famoso di questi modelli semplificati è il modello di Ising bidimensionale che può essere usato per simulare il comportamento di semplici magneti. Per una elementare esposizione si veda: [http://www.phy.syr.edu/courses/ijmp\\_c/Ising.html](http://www.phy.syr.edu/courses/ijmp_c/Ising.html). Sembrano esservi, però, alcune differenze tra lo scenario "macroeconomico" locale rispetto ad un "Ising Model"; il primo infatti può assumere "livelli" differenti che il secondo non può assumere.

informazioni ottenute dalla sua passata esperienza e informazioni ottenute dal gruppo di agenti incontrati. Queste sono maggiormente valutate proprio per effetto della “fiducia” riposta nella fonte di origine dell’informazione ma riguardano informazioni locali del suo intorno.

Inoltre, se per alcuni settori dell'economia può ipotizzarsi che gli agenti economici scambino il loro ruolo passando da compratori a venditori, come nel caso del mercato finanziario, ciò non può essere ipotizzato per il settore reale e per il lavoro. Qui ogni agente sceglie pregiudizialmente se assumere il ruolo di consumatore-lavoratore o di impresa-datore di lavoro a causa dei diversi aspetti organizzativi ed istituzionali che i due ruoli comportano. Nel caso del modello di Ising è possibile ipotizzare che siano gli stati di analoghi elementi ad influire sullo stato dell'elemento sotto osservazione. Nel fenomeno economico tale similitudine può reggere solo in parte. Mentre quindi lo stato di elementi simili nello spazio di riferimento locale dell'agente può modificare le sue "preferenze" o la sua domanda/offerta potenziale, i livelli effettivi di queste, ossia il suo comportamento, saranno influenzati dal comportamento di agenti di tipo diverso (compratori se venditore o venditori se compratori). La considerazione contemporanea di questi aspetti implica adoperare un modello che sia un mix degli approcci "bottom-up" e "top-down"<sup>15</sup>. Ovviamente, ciò che proponiamo si discosta fortemente da quanto è spesso ipotizzato in letteratura.<sup>16</sup>

A livello economico l’effetto del cambiamento di fase si manifesta col fatto che l'Agente economico modifica il suo comportamento in conseguenza

---

<sup>15</sup> Ciò non è nuovo in letteratura. Si veda K. Richardson, "On the Limits of Bottom-Up Computer Simulation: Towards a Nonlinear Modeling Culture," presented at 36th Hawaiian International Conference on System Sciences, Waikoloa, Big Island of Hawaii, 2003.

<sup>16</sup> Si veda ad esempio: E. Toder, M. Favreault, J. O'Hare, D. Rogers, F. Sammartino, K. Smith, K. Smetters and J. Rust (2000): Long Term Model Development for Social Security Policy Analysis - Final Report; The Urban Institute, Washington, D. C. 20037 January 31, 2000 che sottolinea come “Microsimulation and macro-economic models” possono essere legati sia in un modo “bottom-up” che “top-down”. La differenza tra i due approcci riguarda principalmente il modo in cui vengono trattate le decisioni degli individui. Nel primo approccio esse determinano l’offerta aggregata dei fattori da cui si ottengono i prezzi aggregati. Nel secondo, dopo aver ottenuto prezzi e quantità dei fattori, il modello di microsimulazione è adoperato per allocare tali fattori tra gli individui. Esso è molto vicino, viceversa a Baekgaard (1995) che identifica tra le altre possibilità quella di un approccio iterativo o simultaneo degli aspetti macro e micro.

dello scenario economico in cui si trova o ritiene di trovarsi. Questo implica una macrofondazione dei comportamenti microeconomici la cui importanza è già stata sottolineata sia Schelling (1978) che da Lane (1994). Essi considerano che un modo unidirezionale di tener conto dei risultati di tali effetti può essere quello di modellizzare i flussi monetari. Bruun (1999) segue un metodo simile nell'implementare un approccio Keynesiano ad agenti eterogenei che considera il sistema monetario come la macro-relazione che introduce macrofondazione nel comportamento micro. Il nostro lavoro differisce sia da quelli di Schelling e di Lane che da quello di Bruun che. Infatti, consideriamo i vincoli di contabili ma da un punto di vista microeconomico; inoltre consideriamo l'effetto del grado di soddisfazione di un gruppo di altri agenti sulla modificazione delle preferenze dell'agente. Riteniamo che questo sia un modo più coerente di considerare l'effetto macro sul comportamento micro degli agenti. Se una parte degli individui sono "soddisfatti" o "insoddisfatti" dagli scambi e passano questa informazione agli altri le preferenze di questi ultimi potranno risultarne modificate e quindi nuove emergenze scaturirne. In questo modo, il livello delle interrelazioni micro - macro non è gerarchico, ma circolare. Nel nostro modello il feedback dal livello macro a quello micro può essere facilmente ottenuto consentendo che quando varia il livello di attività di un gruppo di riferimento dal quale si ottengono le informazioni sul livello di soddisfazione le preferenze degli agenti si muovano nella stessa direzione.

Naturalmente, se un individuo è in contatto con tutti gli altri agenti nell'economia il relativo piano d'azione macroeconomico è l'universo; se egli è in contatto soltanto con una sottoparte allora è questa la relativa dimensione.

Ovviamente, il nostro modello considera soltanto alcune delle complicazioni esistenti nei mercati reali. Ma esse sono quelle più diffusamente considerate in letteratura seppure non in maniera organica; La comprensione della loro influenza sui meccanismi economici e quindi sugli effetti degli interventi di politica economica fornisce un buon punto di partenza per elaborare modelli sempre più realistici.

Rimandiamo al § 5 le questioni riguardanti gli effetti e le analisi di policy.

### 3. Il contesto di simulazione

Abbiamo cercato di sviluppare una struttura (framework) economica che riteniamo possa essere utile anche come base per altri modelli economici di simulazione. Sugeriamo una struttura di base con due categorie di agenti e senza una categoria di mercato. Le principali variabili di stato ed i metodi che abbiamo usato possono essere riassunti come segue: a) un agente ha un bilancio monetario; b) un agente deve potere fare offerte di vendita o di acquisto agli altri tipi di agenti; c) l'individuo ha la capacità di scegliere quale impresa preferisce; d) Ogni individuo è sia consumatore che lavoratore ed ogni azienda è sia produttore che commerciante; e) Un lavoratore può offrire un'unità di lavoro e un produttore può offrire i beni fino al livello della sua produzione; f) l'individuo potrebbe scegliere una impresa differente per gli acquisti ed per lavorare; g) l'individuo può ottenere informazioni dall'incontro di altri (particolarmente amici) e può modificare la sua scelta dell'impresa da cui comprare o dove lavorare; h) il passato livello di attività macroeconomica potrebbe modificare le preferenze individuali in modi personalizzati.

Consideriamo che questi siano anche suggerimenti sul tipo di variabili e di approccio che un modello di simulazione economica debba rispettare e che può essere utile per ulteriori sviluppi.

Il modello specifica un certo numero di agenti con un insieme delle caratteristiche o variabili di stato e un insieme di regole di decisione (regole per decisioni di lavoro o di consumo e la scelta della impresa preferita per acquistare beni-lavorare).

E' stato usato un linguaggio orientato agli oggetti (NetLogo). Ogni agente è un oggetto. Il modello ha due principali tipi di agenti; Individui (che consumano e lavorano), Imprese (che producono e vendono). Inoltre c'è un agente "Governo" che modifica la politica economica (spesa pubblica - imposte) ed alcuni "agenti aggregati" per problemi di contabilità, come lo scambio totale del mercato.

Gli agenti sono autonomi nel senso che sono esposti agli eventi storici individuali. Per esempio, individui che al tempo zero della simulazione partono con le stesse dotazioni e lo stesso insieme delle regole di decisione, se durante la simulazione sperimentano eventi storici individuali differenti,

risultano diversi.

Il modello opera in parallelo, selezionando tutti gli individui per ciascuna azione. L'azione è lavoro-produzione nella prima parte e consumo-vendita nella seconda parte di ciascun periodo statistico. Prima di ciascun periodo, l'individuo sceglie l'impresa con cui considera che sia meglio scambiare in base alla sua immagine delle caratteristiche dell'impresa. Per semplicità abbiamo supposto che scambi sia beni che lavoro con una sola impresa. Ovviamente con l'intermediazione della moneta. Durante il tempo di consumo, viene in contatto con altri individui con cui scambia le informazioni sulle merci e sul lavoro di ogni azienda. Su questa base, può cambiare le sue preferenze.

La shell di simulazione è di tipo ibrido. Infatti, abbiamo sia un aspetto di simulazione ad equazioni che ad agenti. Nel nostro modello abbiamo diverse entità: Individui, Imprese, Domanda\_Totale\_delle\_Imprese, Individui\_Aggregati ed Imprese\_Aggregate. Ovviamente, se c'è soltanto un individuo e una impresa i modelli microeconomici e macroeconomici coincidono.

Gli agenti possiedono un'equazione personale, molto semplice ed economicamente basata: manifestano domanda per i beni se ritengono di poter trovare occupazione e viceversa mentre le imprese hanno un'analogha funzione di domanda ed offerta. Sulla base dell'incontro di queste funzioni si verifica lo scambio.

Il normale schema reddito-spesa del modello Keynesiano che, come è noto, determina la produzione di equilibrio è condotto principalmente nello spazio  $c/y$  (beni/reddito). Questa rappresentazione rende difficile una microfondazione della macroeconomia. Infatti, le scelte dei consumatori e dei produttori sono effettuate nello spazio  $c/l$  (beni/lavoro). Pertanto, può essere opportuno effettuare una "trasposizione" degli assi nello spazio "consumo-lavoro" (fig. 1). In questo modo, infatti, precisiamo la spesa per consumo in funzione del lavoro scambiato. Ora l'equilibrio ( $y_1$ ) è determinato dall'intersezione delle curve di domanda ( $c(\ell)$ ) e offerta dei beni ( $y(\ell)$ ) da parte del consumatore e dell'impresa al variare della quantità di lavoro.<sup>17</sup>

---

<sup>17</sup> Per una sintetica ma più estesa trattazione del modello Neo-Keynesiano si veda Salzano (1993).

La fig. 1 è nient'altro che la trasposizione della usuale retta a 45 del modello macroeconomico. Essa rappresenta l'uguaglianza fra il reddito prodotto e consumato della rappresentazione fondamentale del modello Keynesiano, nello spazio beni-lavoro.

Ciò può anche essere ottenuto partendo dalle funzioni microeconomiche dei consumatori e dei produttori, evidenziando così la base microeconomica della teoria macroeconomica.

Ogni agente può essere razionato soltanto dal lato lungo del mercato, cioè dal lato in cui vorrebbe effettuare maggiori scambi. Supponiamo, per semplicità, che, nello spazio consumo-lavoro l'agente impresa, abbia funzioni di utilità determinate con un punto di saturazione (U). Includiamo in tale funzione il vincolo di bilancio incontrato.

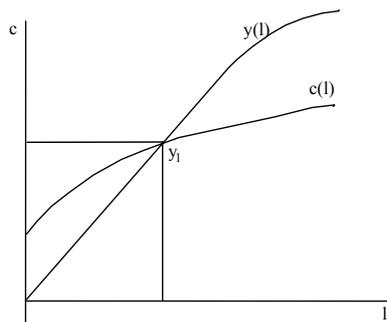


Fig. 1

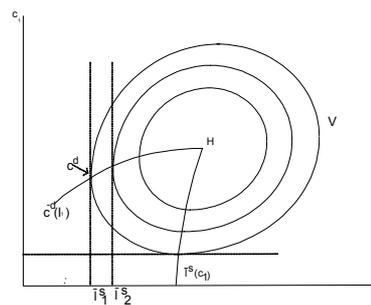


Fig. 2

Così, otterremo una funzione di bilancio incrementata (V) (si veda la fig. 2) la cui massimizzazione implica il rispetto del vincolo di bilancio. In questo caso, se il consumatore incontra un razionamento sulla quantità di lavoro che può scambiare ( $\bar{l}_1^s$ ), può massimizzare la sua utilità soltanto nel punto  $c^d$ . Se il razionamento cambia a  $\bar{l}_2^s$ , il punto in cui l'agente massimizza la sua utilità cambierà. Quindi, fino al livello F ad ogni livello di razionamento corrisponderà un punto di massimizzazione. Pertanto, otteniamo i luoghi geometrici che corrispondono all'ipotesi di massimizzazione in presenza di un vincolo sul mercato di lavoro. Una

procedura analoga può essere seguita per delineare il luogo geometrico che corrisponde al rispetto della massimizzazione dell'impresa razionata sul mercato dei beni; analogo discorso varrà per i razionamenti incontrati dal consumatore, considerato però che in questo caso i beni ed il lavoro sono sostituti.

Di conseguenza, nel caso dell'impresa otterremo "la wedge"  $\bar{c}^s(I_1), F, \bar{l}^d(c_1)$ . Per l'agente consumatore otterremo una wedge analoga  $\bar{c}^d(I_1), H, \bar{l}^s(c_1)$ , in cui la H indica il relativo punto di saturazione. Otteniamo così due wedge che rappresentano i luoghi geometrici di equilibrio possibile degli agenti rappresentativi.

Il vantaggio di questo genere di rappresentazione grafica, rispetto a quella usuale del modello Keynesiano, è che ora è più facile trattare i vari casi di razionamento. Infatti, secondo il tipo di razionamento possono essere ottenuti diversi tipi di equilibri (si veda la fig. 3). Nel caso in cui nessuno dei due agenti è razionato, l'equilibrio macroeconomico si presenterà nel punto di saturazione per gli entrambi. Questo è il caso Walrasiano ed è indicato nella fig. 3-c.

Se l'agente consumatore è razionato sul mercato del lavoro e l'impresa è razionata su quello dei beni otterremo un equilibrio del tipo delineato nella figura 3-e. In questo caso, il primo non può trovare tutte le occasioni di lavoro che vorrebbe al salario corrente, mentre il secondo non può vendere tutta la quantità di beni che vorrebbe ai prezzi correnti. Si tratta quindi di un equilibrio di tipo Keynesiano. La disoccupazione classica (fig. 3-a), si manifesta quando l'agente consumatore è razionato su entrambi i mercati, mentre l'impresa non assume più operai per soddisfare la maggior richiesta poiché i salari sono troppo alti. I casi di Inflazione Repressa e di Sotto-Consumo vengono indicati nelle fig. 3-d e 3-b. Nel primo caso, il consumatore è razionato sul mercato dei beni e l'impresa su quello del lavoro; nel secondo, l'impresa è razionata su entrambi i mercati mentre il consumatore può soddisfare la propria domanda potenziale.

Naturalmente, se la spesa pubblica è soggetta a soddisfacimento preferenziale, un aumento di questa assorbirà una parte della produzione dell'impresa. In questo caso, l'offerta sul mercato dei beni diminuirà per lo stesso importo ma non la produzione. Gli scambi di mercato ne saranno modificati. Si avranno, cioè gli usuali effetti della spesa pubblica. Nel caso

Keynesiano si avrà un aumento degli scambi e della produzione; nel caso Neo-classico una costanza di quest'ultima; così via per i restanti casi.

### **3.1 L'ipotesi di agenti rappresentativi**

Nella simulazione questo modello corrisponde all'ipotesi con agenti rappresentativi e perfetta informazione. Dati i luoghi geometrici delle domande ed offerte aggregate degli agenti, possono essere facilmente ottenute, nel caso degli agenti rappresentativi le rispettive funzioni individuali. Esse possono essere dedotte tenendo conto che quelle aggregate debbono essere considerate "manipolabili analiticamente" sia in senso verticale che orizzontale. Pertanto, dato un punto di coordinate  $X, Y$ , nel piano del mercato aggregato degli individui ad esso corrisponde nel piano degli  $N$  singoli agenti un punto pari a  $x_c = X/N, y_c = Y/N$ . Analogo calcolo potrà essere effettuato per le imprese tenuto conto del loro numero  $M$ . Sarà quindi  $x_i = X/M, y_i = Y/M$ .

E' ovvio che al variare del numero degli agenti, ripartendo domanda ed offerta in parti eguali al fine di rispettare l'ipotesi di agente rappresentativo, non cambiano i risultati del modello né gli effetti della politica economica rispetto a quelli tradizionalmente ottenuti per i diversi casi di regimi di mercato. Ciò risulta confermato dalle simulazioni effettuate. Ovviamente, supponiamo che il numero di imprese sia minore uguale di quello degli individui.

### **3.2 Il caso di Agenti Eterogenei**

L'introduzione dell'eterogeneità degli agenti è basata sulla ripartizione della domanda ed offerta aggregata in modo casuale tra  $N$  agenti. Ciò corrisponde all'ipotesi `Repr_Ag_Off` dell'interfaccia e può presentare due casi rispetto all'informazione: `Perf_Inf On/Off`.

Quindi, essi vanno all'incontro con l'impresa, ma nel frattempo possono ottenere informazioni da altri individui appartenenti ad un gruppo di "amici" (la cui consistenza può essere modificata tramite `Hmanyfromg`) e pertanto cambiare l'idea della soddisfazione che possono ottenere scambiando beni e lavoro con le diverse imprese. Eventuali cambiamenti dello stato macroeconomico locale (cambiamento di stato) modifica quindi il comportamento degli individui.

Ogni agente (individuo o impresa) ha il suo proprio diverso livello di intercetta e di coefficiente di domanda ed offerta per i beni ed il lavoro egli ha, quindi, diverse preferenze.

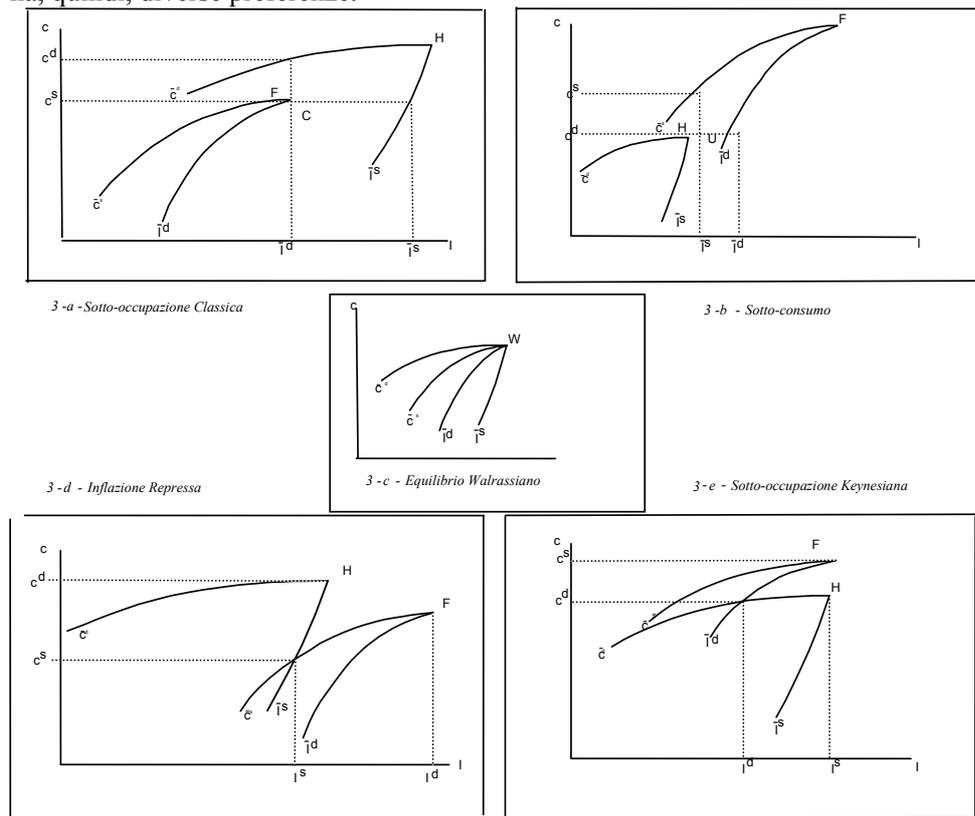


Fig. 3

Nel caso di agenti eterogenei la scelta dell'impresa da parte degli individui, valida sia per i beni che per il lavoro, per semplicità, avviene in base al livello di soddisfazione ottenuto in seguito allo scambio intercorso con le varie imprese, tenuto conto delle informazioni ricevute dagli altri individui (facenti parte del sottogruppo di amici e conoscenti) che hanno

avuto tali esperienze. Il decorso del tempo riduce, ovviamente, l'effetto delle passate informazioni.

Per simulare l'effetto delle interrelazioni fra gli agenti sembra necessario introdurre l'ipotesi che quando due individui vengono a contatto, scambieranno informazioni circa la loro soddisfazione economica che modificheranno le loro rispettive idee circa il prezzo e/o la qualità dei beni e del lavoro dell'impresa.

Gli agenti economici operano anche in questo caso in uno scenario Neo-Keynesiano con razionamento. Naturalmente, nel caso di agenti eterogenei, ciascun individuo sceglie l'impresa migliore per se, tenuto conto della sua idea del livello di soddisfazione che può ottenere. Ciò scaturisce dalle informazioni ottenute dagli individui che fanno parte del suo gruppo di conoscenti o amici e della precedente esperienza diretta avuta con ciascuna impresa. L'esperienza diretta considera soltanto il livello di soddisfazione (distanza dall'equilibrio Walrasiano) raggiunto dall'individuo nei periodi precedenti. Inoltre, tra due imprese, a condizione di parità degli altri fattori, preferirà quella che nel precedente periodo ha avuto meno clienti (problema di affollamento).

Nella shell di simulazione interroghiamo ciascun individuo nel nostro mondo artificiale per conoscere quale impresa ha scelto in base alla sua idea di soddisfazione attesa.

La simulazione è poi strutturata in modo tale che, nel lungo periodo, livelli di bassa od alta soddisfazione permanenti (oltre la soglia di un certo numero di run scegliibile dall'interfaccia) fanno sì che l'individuo modifichi le sue preferenze. Pertanto, la passata soddisfazione ed il passaggio di informazione modifica sia, nel breve periodo, la scelta dell'impresa con cui scambiare che, nel lungo periodo, le preferenze degli agenti.

Ciascun individuo ha un'immagine della soddisfazione che può attendersi effettuando scambi con le varie imprese in conseguenza della passata esperienza e delle informazioni ottenute.

#### **4. Il modello di simulazione**

Le principali caratteristiche del modello possono essere così riassunte:

a) **La domanda e l'offerta degli agenti sono ottenute implicitamente in**

**base ad una funzione di utilità.** Per semplicità abbiamo ottenuto direttamente le funzioni di domanda ed offerta. È facile però introdurre una derivazione dalle funzioni di preferenza degli agenti.

La domanda e l'offerta delle imprese è ottenuta una volta per tutte. Ogni azienda ha una parte fissa della funzione di offerta e della domanda per i beni ed il lavoro e una parte variabile casualmente (questo riguarda sia l'intercettazione che il coefficiente). Pertanto, ogni azienda ha la sua domanda ed offerta (funzioni di produzione differenti) {questo è settato nella procedura di Inizializzazione}

Viceversa, gli individui hanno una domanda e un'offerta iniziale {questo è settato nella procedura di Inizializzazione}. Queste domande ed offerte cambiano durante l'operare del modello in base all'esperienza ed al conseguente apprendimento degli individui. Questo processo è basato sia sull'esperienza diretta che sulle informazioni ottenute da altri agenti.

Un modello più complicato e più realistico, che qui non è stato considerato, potrebbe essere ottenuto sulla base dell'ipotesi che ciascuno individuo sceglie differenti imprese per il lavoro e gli acquisti.

**b) Lo scambio di informazioni.** Naturalmente, gli individui possono conoscere soltanto il loro punto Walrassiano. Quindi, possono informare gli altri soltanto riguardo alla loro soddisfazione relativa a quel punto. Se non sono razionati (punto Walrassiano), sono completamente soddisfatti. Quando più sono lontani da questo punto, tanto meno sono soddisfatti. Quando sono molto lontani da esso, sono insoddisfatti. Essi scambieranno queste informazioni con gli amici (questo è settato nella procedura Scambio-*Informazione*). Quindi, ciascuno di loro ha una lista degli amici. Essi considerano le informazioni ricevute dagli amici durante il periodo, ma attribuiscono diversa importanza casuale ad esse. Naturalmente, più positive sono le informazioni che ricevono, più alto è il punto di partenza. Essi ottengono informazioni da tutti gli amici. E' facile e possibile introdurre l'idea di informazioni ottenute solo da un sottoinsieme casuale e variabile di amici.

**c) La determinazione della domanda totale.** Poiché i nostri agenti sono razionati, è possibile sommare la domanda totale di tutti gli individui per ogni livello di razionamento. I livelli differenti di razionamento determineranno i differenti livelli della domanda totale dei beni. Lo stesso è valido per il caso

della domanda totale di lavoro dagli individui razionati sul mercato dei beni. Ciò significa che nel caso della domanda, la domanda totale è la somma di tutte le domande individuali ed il razionamento totale è la somma dei razionamenti individuali sperimentati dagli individui. Naturalmente, un discorso identico è valido per l'offerta dell'impresa dei beni e per l'aspetto del lavoro.

**d) La spesa Pubblica.** Questa è la quantità di spesa pubblica per l'acquisto di beni. A causa del razionamento preferenziale, quando la spesa pubblica è positiva, il suo importo fisso è sottratto dall'importo di beni che le imprese mettono sul mercato. (si veda la regola valida per il modello Neo-Keynesiano). Naturalmente, la quantità totale di beni prodotti e la rispettiva quantità di lavoro necessaria è ottenuta dalla somma dei beni privati scambiati e di quelli ottenuti dal settore pubblico.

**e) Alcune assunzioni semplificatrici.** Ciascun individuo sceglie l'impresa per cui lavorare e dalla quale comprare in base al salario ed al prezzo dei beni. Ogni azienda divide la relativa offerta in misura uguale per ogni cliente. Ovviamente, queste ipotesi possono essere rimosse. Ovviamente, quando il numero di imprese e di individui è uguale e si accetta l'ipotesi dell'agente rappresentativo, qualunque sia il regime di mercato esso si verifica anche per ciascun agente. Se si verifica un'ipotesi parziale (AR solo per uno dei due gruppi - ovvero il numero di individui e delle imprese è differente), ciascun individuo è nello stesso regime ma non necessariamente quello stesso in cui è il mercato globale. Inoltre, quando si verifica l'ipotesi di eterogeneità, ciascun individuo potrebbe essere in un regime differente o a differenti livelli di razionamento.

## **5. Gli strumenti per analizzare gli effetti di politica nel caso di sistemi complessi incerti e basati su agenti eterogenei**

È ben noto che molti problemi di politica economica implicano l'interazione con sistemi complessi adattivi. Mentre, però, lo studio dei sistemi complessi fornisce potenti strumenti per catturare utili informazioni sul comportamento dei sistemi economici (di cui le simulazioni ad agenti sono un esempio) l'uso di tali informazioni per la formazione di decisioni economiche e in particolare come base per suggerimenti di politiche economiche, non è

diffuso.

Ciò è dovuto fondamentalmente al fatto che gli usuali strumenti adoperati per suggerire interventi di politica economica sono basati generalmente sulla creazione di politiche che operano bene su qualche "singola" previsione di futuro andamento dell'economia<sup>18</sup>. Questa metodologia è in stridente contrasto con il concetto di complessità. Infatti, ogni sistema il cui comportamento può essere catturato da un preciso modello non dà luogo ad alcuna "emergenza" e quindi non può essere definito complesso. Viceversa, il comportamento dei sistemi complessi adattivi non può essere catturato da un preciso modello e quindi previsto esattamente perché essi sono caratterizzati da *incertezza profonda*.

Per trattare questi limiti sono stati usati tradizionalmente due principali approcci alternativi: i Modelli Stocastici e i Metodi di Programmazione Qualitativa. Questi approcci non adoperano in modo sistematico le informazioni quantitative né adoperano un ordine di desiderabilità delle alternative. Inoltre, è ben noto che per poter adoperare il primo approccio è necessario conoscere almeno quale sia il tipo di distribuzione dei risultati, mentre il secondo, adoperato quando non è disponibile un modello di previsione, non offre la precisione dell'analisi di decisione quantitativa. Il risultato finale è che nel caso dei sistemi economici complessi i tradizionali studi quantitativi sulla politica ottimale basati sulla previsione puntiforme, certa o probabilistica, dei loro effetti producono risultati non sempre corretti. Essi, infatti, non possono essere robusti per tutta la gamma dei possibili comportamenti di un sistema complesso ed adattivo. Entrambe le alternative, quindi, non sembrano in grado di risolvere la questione.

Se desideriamo ottenere suggerimenti di politica economica per sistemi adattivi e complessi dobbiamo usare le informazioni che provengono dallo studio di tali sistemi. Ciò richiede nuovi strumenti<sup>19</sup>. Per formulare suggerimenti credibili di politica economica per sistemi complessi adattivi, la finalità deve essere quella di trovare le strategie che operino ragionevolmente bene (essere robuste) per un'ampia gamma di scenari plausibili piuttosto che indicare una "politica ottimale". Pertanto, i modelli devono essere usati non

---

<sup>18</sup> Per questa parte si veda Banks (op. cit.) e Bankes, and Lempert, (1996).

<sup>19</sup> Lempert (2002).

per predire i risultati, ma per fornire una conoscenza circa la direzione degli effetti dei possibili interventi. Naturalmente, per aver successo le politiche per i sistemi complessi e adattivi dovranno essere esse stesse adattive.

Su questa base, un approccio decisionale, come suggerito da Banks potrebbe basarsi su due principali idee: considerazione dell'incertezza profonda, con il confronto sistematico delle opzioni alternative di politica economica usando i modelli dei sistemi complessi ed implementazione di politiche ad evoluzione adattiva. Naturalmente, anche le caratteristiche di adattività delle politiche devono essere valutate rispetto al grado di robustezza e non sulle loro prestazioni su un singolo caso. Sembra quindi opportuno concentrarsi sugli strumenti connessi con la robustezza, l'evoluzione adattiva rappresentando un'espansione di tale criterio.

Nelle circostanze di incertezza profonda, invece di basare l'analisi su di un singolo modello che rappresenta la migliore stima del sistema, l'accurato esame sistematico dell'insieme delle simulazioni dei modelli plausibili, dati i vincoli noti, può meglio catturare e contribuire a rappresentare le informazioni necessarie. Naturalmente, data la multidimensionalità delle informazioni così ottenute, queste ultime devono essere elaborate tramite strumenti che permettano *la facile manipolazione contemporanea dei risultati di insiemi di modelli*, oggi disponibili. Questi nuovi metodi, che usano ragionamenti induttivi su ampi insiemi di esperimenti computazionali e forniscono un metodo per trattare l'ontologia dell'incertezza profonda, possono servire a creare una base da cui partire per costruire politiche economiche adattive, permettendo di sviluppare una politica economica adeguata ai sistemi complessi.

Uno di questi approcci è l'"exploratory modelling" o "Computer-Assisted Reasoning" (CAR), un approccio al decision-making sotto condizioni di incertezza profonda che è idealmente adatto per l'applicazione delle informazioni ottenute dai sistemi complessi all'analisi delle politiche di intervento<sup>20</sup>. Usa due tecniche: *Scenari di Policy e l'Analisi dell'Insieme delle soluzioni soddisfacenti*. Il primo trova la sua motivazione nel fatto che nel caso di incertezza profonda presupposti alternativi possono condurre a risultati differenti. Pertanto, per i sistemi complessi adattivi, che sono

---

<sup>20</sup> Bankes, and Gillogly, (1994).

caratterizzati da tale tipo di incertezza, tutti i calcoli degli effetti di interventi di politica economica, compresi quelli in termini probabilistici o accompagnati da analisi di sensibilità, devono essere sottoposti a una prova di robustezza. Cioè, deve essere esaminato l'effetto dell'uso di modelli alternativi sulle conclusioni di politica economica per scoprire un intervento che sia valido o che possa essere considerato superiore a tutte le altre opzioni per tutte le modellizzazioni plausibili del problema. Data l'ampia variabilità dei possibili risultati analisi grafiche di questi possono aiutare ad evidenziare su quali strumenti concentrare la ricerca di soluzioni robuste. Viceversa, *l'Analisi dell'Insieme delle soluzioni soddisfacenti* è necessaria perché nessuna raccomandazione di politica economica, ottenuta come risultato di una ottimizzazione rispetto ad un singolo modello può tener conto di tutta la conoscenza che può essere disponibile per un sistema adattivo complesso. In uno scenario che può variare così facilmente come in un sistema complesso, un'alternativa al suggerimento di un singolo insieme di politiche economiche è quello di fornire ai decisori insieme di opzioni che operino soddisfacentemente o meglio che raggiungano una soglia minima di efficacia. Data la multidimensionalità del problema si manifesta una forte difficoltà di giudizio che implica la preferibilità di uno strumento grafico che possa presentare contemporaneamente un maggior numero di possibili alternative.

## **6. Risultati della Simulazione**

Molti e differenti esperimenti sono stati effettuati sulla base del modello proposto, ma qui, per brevità, ci limiteremo a presentare soltanto i tre risultati principali. Il primo, focalizzato sulla differenza fra il funzionamento dei modelli ad agenti rappresentativi, ad agenti eterogenei e quelli ad agenti eterogenei interattivi, evidenzia, negli ultimi due casi, l'emergenza di caratteristiche macroeconomiche che non appaiono con gli agenti rappresentativi; il secondo, l'insorgenza di andamenti endogeni di medio periodo dovuti alla modificazione delle preferenze; il terzo, che riguarda gli effetti che si possono ottenere da un semplice provvedimento di politica economica e risulta significativo del percorso di ricerca che si dischiude con l'uso delle simulazioni ad agente.

### 6.1 L'emergenza di caratteristiche macroeconomiche dall'eterogeneità degli agenti

In questo sotto-paragrafo evidenzieremo che sulla base della interattività di agenti eterogenei può manifestarsi un fenomeno di emergenza (con questo termine intendiamo, come già detto, il manifestarsi di un fenomeno che non sarebbe evidenziato sulla base di un modello tradizionale).

#### L'insorgenza di fluttuazioni endogene

La prima Macro-emergenza è evidenziata dal fatto che l'introduzione di eterogeneità degli agenti causa l'insorgenza di fluttuazioni endogene dovuto all'accoppiamento delle reazioni degli individui ad informazioni imperfette.

Ciò è indicato nella fig. 4.a. Qui viene riportato il risultato di una simulazione per la quale l'equilibrio iniziale aggregato è Keynesiano. Nel caso di agenti rappresentativi l'andamento costante ottenuto è indicato dalla linea continua. Ovviamente, il risultato nel caso di agenti omogenei è lo stesso di quello aggregato. Viceversa, poiché i differenti agenti, quando sono eterogenei, possono trovare ciascuno un equilibrio diverso e variabile periodo per periodo da quello raggiungibile nel caso degli agenti omogenei, l'eterogeneità degli agenti causa l'instaurazione di fenomeni di fluttuazioni endogene (le linee tratteggiate).

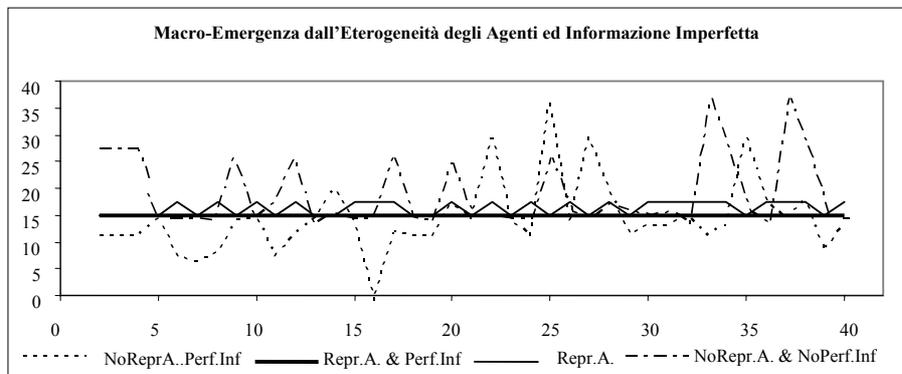


Fig. 4.a

Run 11 REGIME DEGLI INDIVIDUI	Run 16 REGIME DEGLI INDIVIDUI
Ind. 1 Impresa 1 Keynesiano	Ind. 1 Impresa 3 Keynesiano
Ind. 2 Impresa 4 Keynesiano	Ind. 2 Impresa 4 Keynesiano
Ind. 3 Impresa 2 Keynesiano	Ind. 3 Impresa 2 Keynesiano
Ind. 4 Impresa 1 Keynesiano	Ind. 4 Impresa 3 Keynesiano
Run 12 REGIME DEGLI INDIVIDUI	Run 17 REGIME DEGLI INDIVIDUI
Ind. 1 Impresa 4 Keynesiano	Ind. 1 Impresa 2 Keynesiano
Ind. 2 Impresa 2 Keynesiano	Ind. 2 Impresa 1 Keynesiano
Ind. 3 Impresa 3 Keynesiano	Ind. 3 Impresa 4 Keynesiano
Ind. 4 Impresa 4 Dis.Neoclassica	Ind. 4 Impresa 4 Infl.Repr.
Run 13 REGIME DEGLI INDIVIDUI	Run 18 REGIME DEGLI INDIVIDUI
Ind. 1 Impresa 4 Dis.Neoclassica	Ind. 1 Impresa 4 Keynesiano
Ind. 2 Impresa 3 Dis.Neoclassica	Ind. 2 Impresa 3 Keynesiano
Ind. 3 Impresa 1 Dis.Neoclassica	Ind. 3 Impresa 1 Dis.Neoclassica
Ind. 4 Impresa 2 Dis.Neoclassica	Ind. 4 Impresa 2 Dis.Neoclassica
Run 14 REGIME DEGLI INDIVIDUI	Run 19 REGIME DEGLI INDIVIDUI
Ind. 1 Impresa 3 Keynesiano	Ind. 1 Impresa 1 Keynesiano
Ind. 2 Impresa 1 Keynesiano	Ind. 2 Impresa 2 Keynesiano
Ind. 3 Impresa 4 Keynesiano	Ind. 3 Impresa 3 Keynesiano
Ind. 4 Impresa 3 Keynesiano	Ind. 4 Impresa 1 Keynesiano
Run 15 REGIME DEGLI INDIVIDUI	Run 20 REGIME DEGLI INDIVIDUI
Ind. 1 Impresa 4 Keynesiano	Ind. 1 Impresa 3 Keynesiano
Ind. 2 Impresa 2 Keynesiano	Ind. 2 Impresa 4 Keynesiano
Ind. 3 Impresa 3 Keynesiano	Ind. 3 Impresa 2 Keynesiano
Ind. 4 Impresa 1 Infl.Repr.	Ind. 4 Impresa 1 Dis.Neoclassica

Tab. 1

Si vede come il caso con non perfetta informazione (la linea — · — ·) evidenzi un più alto grado di fluttuazioni di breve periodo. Inoltre, quando si hanno informazioni imperfette, le informazioni che un individuo riceve dagli altri peseranno nella modifica del suo comportamento (ciò è riportato, per semplicità, per un caso a 4 imprese, 4 individui per alcuni periodi di simulazione nella Tab. 1)

*L'effetto delle interazioni tra gli agenti.*

Se nel caso di informazione imperfetta si fa girare la simulazione sia senza che con interazione tra gli individui, si nota come nel primo caso a causa della minore tendenza all'esplorazione di nuove e migliori condizioni (linea "NRA-NPI-1HMFG" figura 4.b) si manifestino minori oscillazioni di breve periodo. Ciò è dovuto al fatto che nel primo caso gli individui

effettuano la scelta dell'impresa con cui effettuare transazioni solo sulla base della loro precedente esperienza, mentre nel secondo si avvantaggiano anche dell'esperienza degli altri individui e quindi si accresce la variabilità dell'informazione a loro disposizione.

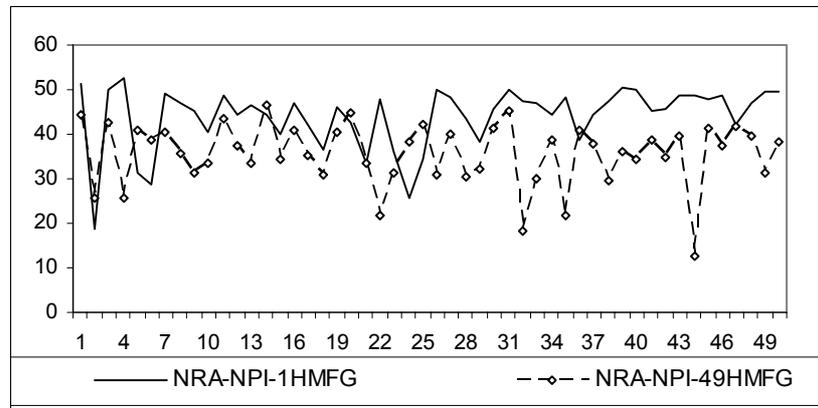


Fig. 4.b

Infatti, se a livello locale prevale un regime di mercato, cioè un razionamento, diverso e più favorevole da quello incontrato dall'individuo (maggior livello di soddisfazione sperimentato dagli altri individui), l'informazione ricevuta dagli altri lo induce ad una più intensa ricerca di nuove soluzioni mentre il contrario avviene nel caso di informazioni negative ottenute sul livello di soddisfazione degli altri individui. L'effetto dell'informazione quindi varia in modo non lineare rispetto al suo segno ed ha una ricaduta sulla stabilità della domanda di beni ed sull'offerta di lavoro (ai prezzi prevalenti sul mercato).

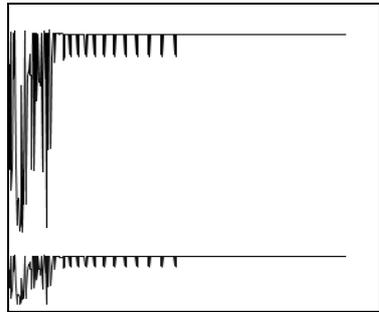
*La modificazione delle preferenze degli individui e gli andamenti endogeni di medio periodo.*

L'effetto dell'interazione, però, non si limita solo a questo. Infatti, se la sua esperienza di mercato, e/o le informazioni acquisite dagli altri individui, ha

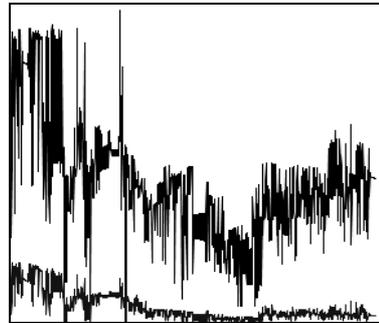
oscillato negli ultimi tempi intorno a livelli di soddisfazione “sufficiente” (nella simulazione il periodo considerato può essere settato dal ricercatore col parametro “permanence”– la funzione adoperata è una logistica) egli continuerà a presentare le stesse domande ed offerte. Viceversa, se la soddisfazione varia al di sotto o al di sopra di un livello prefissato egli modificherà non solo l’attività di ricerca di una migliore situazione di scambio ma le sue stesse preferenze e quindi la domanda di beni e la disponibilità a lavorare ai prezzi vigenti. Questo effetto si verifica, ovviamente, anche in presenza di una incoerenza tra l’informazione ottenuta dagli altri e la sua esperienza di transazioni. Questa condizione di evoluzione delle preferenze può essere inclusa nel modello tramite la variabile “pref-evol” settabile dall’interfaccia.

La profonda differenza è che in questo caso un tipo di equilibrio locale prevalente si ripercuote sulle preferenze del singolo individuo modificandole. Emerge un effetto “top-down” che comporta l’insorgenza di cicli economici endogeni (ciò è evidenziato nelle figure 4.c - 4.d).

Come si vede dalle figure, il consentire che le preferenze degli individui si modifichino per effetto del livello di soddisfazione ottenuto dagli stessi innesca delle fluttuazioni non dipendenti da shock esterni ma bensì unicamente dal fatto che gli individui adattano le loro domande ed offerte ai razionamenti incontrati nei periodi precedenti sul mercato e alle informazioni ricevute dai “conoscenti”. Il caso rappresentato parte da un equilibrio aggregato di tipo sottoconsumo. Nelle figure vengono rappresentati rispettivamente il caso senza evoluzione delle preferenze e quello con evoluzioni delle preferenze. La curva più elevata indica sempre lo scambio di beni, quella inferiore lo scambio di lavoro. Si vede facilmente come il primo, per effetto delle informazioni degli agenti, converga ad una soluzione di equilibrio. Nel caso in esame quella di sottoconsumo. Viceversa, la modificazione delle preferenze origina delle oscillazioni endogene di lungo periodo.

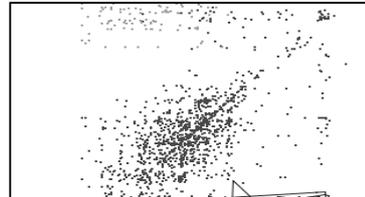
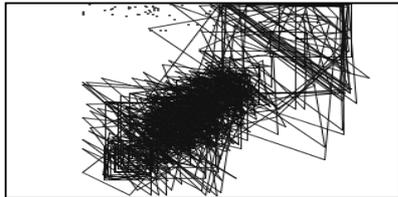


*Fig. 4.c*



*Fig. 4.d*

La possibilità di ottenere dalla simulazione i relativi diagrammi di fase permette anche di evidenziare ed eventualmente di studiare più a fondo la dinamica del nostro sistema. Nella Fig. 4.e vengono indicati i diagrammi di flusso con lag rispettivamente di 1, e 2 periodi (nel primo caso vengono tracciate le linee di congiunzione temporale tra i punti di equilibrio raggiunti). Nel caso delineato si nota lo sviluppo lungo la bisettrice.



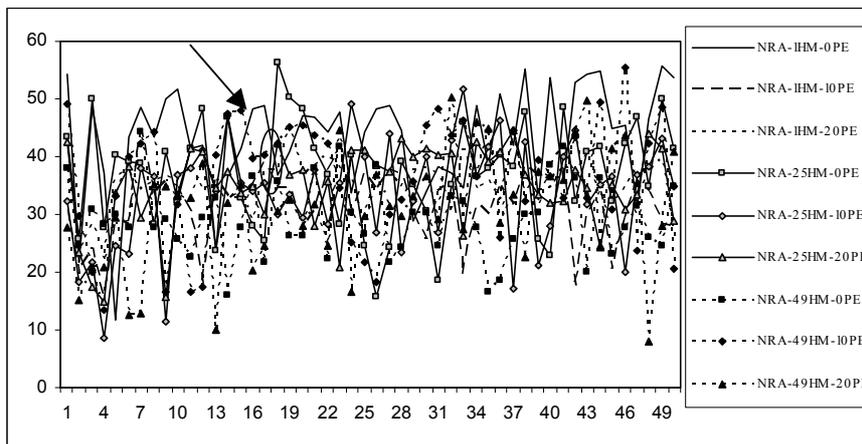
*Fig. 4.e*

## **6.2 “Computer-Assisted Reasoning” e gli effetti delle politiche fiscali**

### *Gli scenari di politica economica*

Abbiamo visto che per un sistema adattivo complesso non c'è alcun singolo modello che possa catturare tutta la conoscenza che può essere disponibile circa i suoi possibili comportamenti. Ciò, ovviamente, si verifica anche per il modello proposto. Adoperando la funzione di "BehaviorSpace" in "Tools – NetLogo", abbiamo pertanto ottenuto un intero insieme di simulazioni al variare di alcuni parametri. Sono stati considerati i casi di Agente Rappresentativo e Non-Rappresentativo, diversi livelli di interrelazione tra gli agenti (con nessuno, con metà e con tutti gli altri agenti), livelli variabili di spesa pubblica (0, 10, 20). I differenti risultati ottenuti dalla simulazione per il modello considerato sono indicati nella fig. 5.

È evidente che data l'ampia variabilità dei risultati una singola valutazione non può fornire alcuna informazione che possa risultare utile come base di suggerimenti di politica economica. Soltanto un più approfondito studio di un ampio numero di valutazioni con parametri variabili può indicare la direzione dei principali effetti che, ovviamente, varieranno in dipendenza dei livelli di alcune variabili chiave. Ciò ci permette di selezionare le variabili che maggiormente possono evidenziare risultati che siano utili per ottenere suggerimenti di policy. Inoltre, nel caso di modellizzazione di una economia concreta questo tipo di “esercizio” può essere di grande ausilio per la validazione del modello.



*Fig. 5 Diversi livelli degli scambi al variare del numero dei conoscenti ed amici e della spesa pubblica.*

Infatti, quando facciamo una simulazione ad agenti, usualmente, non partiamo da uno specifico valore aggregato delle variabili economiche. Viceversa, per provare ad evidenziare gli effetti di politica economica dobbiamo partire dal valore effettivo delle transazioni o da qualche altro valore aggregato che sia noto. Di conseguenza, dopo aver ottenuto un ampio insieme di simulazioni dobbiamo prendere in considerazione soltanto l'insieme di parametri che al tempo zero (cioè al presente) potrebbe dar luogo a valori della nostra variabile aggregata simili a quelli che sono effettivamente osservati.

Nel nostro caso, applicando la metodologia degli “Scenari Plausibili di Politica Economica” sarebbe possibile scegliere un sottoinsieme delle nostre simulazioni. Ad esempio, considerando come anno 0 il 18° periodo se la nostra variabile reale osservata “scambio” ha un valore pari a 40 si potrebbero considerare le sole simulazioni che passano vicino al punto di tali coordinate (nella figura l’area ovale indicata dalla freccia) e concentrare il nostro successivo studio esclusivamente su queste. Questo studio successivo

può consistere sia in un approfondimento delle implicazioni delle singole variabili che in un'analisi basata su "Gli Insieme del Livello delle Soluzioni Soddisfacenti".

*Un esempio degli Insiemi del livello delle soluzioni soddisfacenti - gli effetti di una semplice politica economica.*

*- L'emergenza di nuovi effetti di politica*

Abbiamo fatto girare un certo numero di simulazioni con livelli differenti di spesa pubblica. Naturalmente, i differenti livelli di altre variabili incidono sul risultato. Abbiamo consentito, quindi, che anche altre principali variabili cambiassero. Nell'esempio mostrato la spesa pubblica varia da 0 a 30 e il gruppo di amici e conoscenti di riferimento con cui si scambiano informazioni risulta nei vari casi 1, 25 e 49 su 50 individui. La simulazione riguarda un'economia con 3 imprese. Questo è soltanto un piccolo esempio, ma sembra utile per mettere in evidenza il potenziale potere dello strumento. Infatti, è facile controllare il differente effetto che la politica economica può avere secondo il valore dei parametri. Qui, abbiamo considerato soltanto 2 delle 12 dimensioni che il nostro modello di simulazione presenta.

*- La simulazione ad Agenti Rappresentativi - gli effetti delle variazioni fiscali*

Nel caso della simulazione ad Agenti Rappresentativi, in ipotesi di perfetta informazione (non si ricorre cioè ai passati scambi essendo l'individuo "certo" di ottenere la stessa soddisfazione da ogni impresa) poiché le funzioni dei singoli individui e quelle delle imprese sono in scala con quanto avviene sul mercato aggregato, si ottengono gli stessi equilibri per ciascun individuo ed impresa che si verificano a livello macro. Pertanto, si può verificare facilmente che si ottengono gli stessi effetti delle variabili di controllo economico (qui per semplicità abbiamo considerato le sole variazioni della spesa pubblica) che si ottengono dalla tradizionale modellistica macroeconomica. Così, un aumento della spesa pubblica partendo da un regime Keynesiano - e restando in questo regime - dà luogo ad un aumento dell'occupazione, degli scambi sul mercato e della produzione (scambi più beni acquistati dal settore pubblico sulla base di "razionamento preferenziale"). Analogo risultato di tipo tradizionale si ottiene, quale effetto

dell'aumento della spesa pubblica, partendo da un equilibrio neoclassico. Cioè, la conseguente riduzione degli scambi di mercato con una parità del lavoro scambiato e di produzione (crowding-out della spesa pubblica rispetto agli scambi tra privati).

*- La simulazione ad Agenti Eterogenei - gli effetti delle variazioni fiscali*

Nel caso di Agenti Eterogenei, viceversa, i risultati che possono trarsi dalla simulazione possono apparire ad una prima considerazione poco ortodossi. Infatti, partendo da un'ipotesi di equilibrio aggregato di tipo Keynesiano, una riduzione della spesa pubblica può provocare anche una riduzione degli scambi. Ciò è però assolutamente ovvio se si considera che per il meccanismo degli agenti eterogenei e della imperfezione dell'informazione non tutti gli individui, sui loro mercati locali, possono trovarsi nello stesso regime. Molti si trovano, infatti, nella simulazione, in regime di inflazione repressa pur se le domande ed offerte a livello aggregato farebbero supporre un equilibrio di tipo Keynesiano.

Molti altri esempi di risultati non tradizionali possono essere facilmente desunti dal tipo di simulazione proposta. Per questi si rimanda il lettore ad un successivo, più ampio lavoro. Risulta evidente il salto interpretativo tra modelli ad Agenti Rappresentativi e modelli ad Agenti Eterogenei. In questo caso, infatti, l'aggregato è diverso dalla somma delle singole parti. Il modello deve quindi abbandonare l'approccio deterministico per abbracciare un approccio complesso. E' evidente, che anche i concetti statistici di tipo tradizionale non sembrano più applicabili al fenomeno economico se gli agenti sono eterogenei. In tal caso, come è noto, viene proposto in letteratura un approccio di statistica meccanica.

Un tipo di analisi interessante può essere condotta sulla base della contemporanea presentazione degli effetti causati dalle variazioni di più variabili. In questo caso, non essendo tale tipo di analisi molto diffusa, ci concentreremo soprattutto sulla sua potenzialità evitando di trarre specifiche indicazioni di politica economica. I risultati di più simulazioni sono presentati contemporaneamente su di un grafico in cui il colore dei vari punti indica il livello di scambi ottenuti in presenza della rispettiva variazione di due variabili. Nel caso riportato in figura sono stati variati il livello della

spesa pubblica (PE) (indicato nel grafico sull'asse verticale con il primo valore che compare 0, 3, ... 30) ed il livello di individui che formano il gruppo di amici dai quali ogni agente ottiene informazioni (HMFG) (il grafico consta di tre parti, indicate sempre sullo stesso asse con i secondi valori di riferimento 1, 25, ... 49 HMFG). Per brevità abbiamo riportato unicamente l'effetto unitario della spesa pubblica sugli scambi.

Dalla figura si nota come nella parte bassa di ciascuna delle 3 parti del grafico, che corrisponde ad un livello di spesa pubblica bassa o nulla, i valori degli scambi sono più elevati qualunque sia il numero di individui costituenti il gruppo di "amici". Nella parte alta, viceversa, si nota una prevalenza di valori della modificazione degli scambi negativi o prossimi a zero (colorazione grigia uniforme) indipendentemente dalla numerosità del gruppo di riferimento (HMFG). Tale numerosità, nel caso considerato, sembra incidere scarsamente. La prima variabile, viceversa, incide sugli scambi ma il suo segno non è univoco. Questo sembra un risultato in contrasto con l'usuale conclusione di tipo Keynesiano.

Ciò è confermato dall'analisi delle figure 7.a e 7.b che evidenziano il caso inverso di variazioni del gruppo di amici e conoscenti per valori fissi della Spesa Pubblica. In tal caso si vede come il valore del moltiplicatore unitario non dipenda univocamente dalle variazioni della consistenza del gruppo detto.

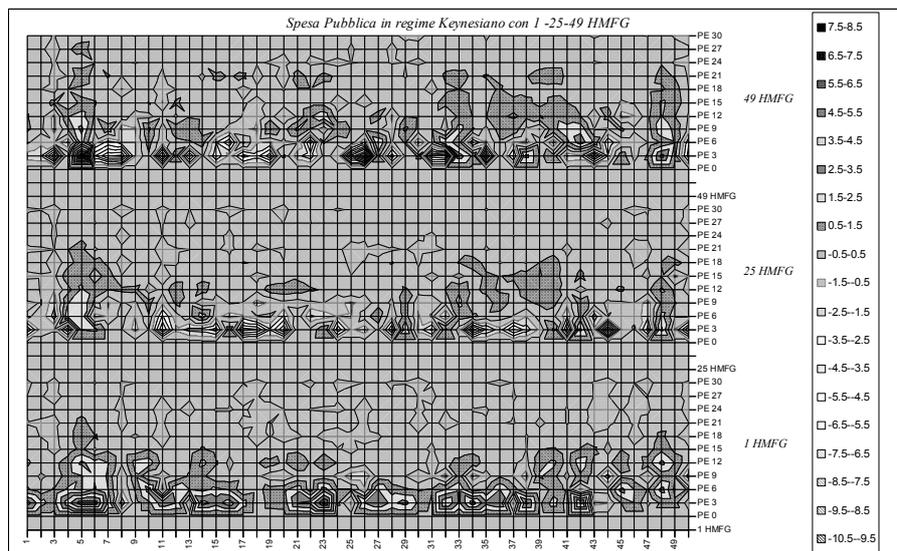


Fig. 6 Moltiplicatore unitario rispetto agli scambi della spesa pubblica al variare del gruppo di conoscenti

## 7. Risultati differenti ottenuti dai modelli tradizionali e loro motivazioni

Un risultato importante del nostro modello di simulazione è che l'effetto della spesa pubblica può essere differente da quello che potrebbe essere previsto in base al regime aggregato. Infatti, esso dipende dall'effetto su ogni singola coppia di agenti. Ovviamente, quando gli agenti sono eterogenei gli specifici regimi possono essere differenti da quelli aggregati. Ciò è causato dal fatto che l'offerta di ogni azienda è divisa fra tutti i relativi clienti. Non sembra quindi che in uno scenario aggregato Keynesiano la spesa pubblica possa essere in ogni caso consigliata come strumento per accrescere gli scambi dell'economia. I suoi effetti emergenti, nel caso di agenti eterogenei, potrebbero essere controdeduttivi.

Quando vale l'ipotesi dell'agente rappresentativo, il mercato ed ogni agente sono nello stesso scenario. Pertanto, l'effetto di politica è simile sia

per ciascun agente sul mercato che per i rispettivi aggregati. Viceversa, quando gli agenti sono eterogenei ciascuno di loro troverà un suo scenario. In questo caso l'effetto della politica economica differisce da quello che potrebbe essere previsto in aggregato. Mentre l'effetto di una politica sulla domanda e sull'offerta degli agenti dipende dal livello del relativo punto di partenza (livelli differenti del moltiplicatore aggregato) potremmo avere altrettanti livelli differenti "di equilibrio" per quanti sono gli agenti. Ciò implica che nel nostro modello ci sono molti casi in cui l'effetto finale di una politica economica contrasta con l'effetto che potrebbe essere ottenuto da un modello basato sull'agente rappresentativo.

Pertanto non sembra possibile trascurare l'eterogeneità degli agenti sulla base di una pretesa semplificazione.

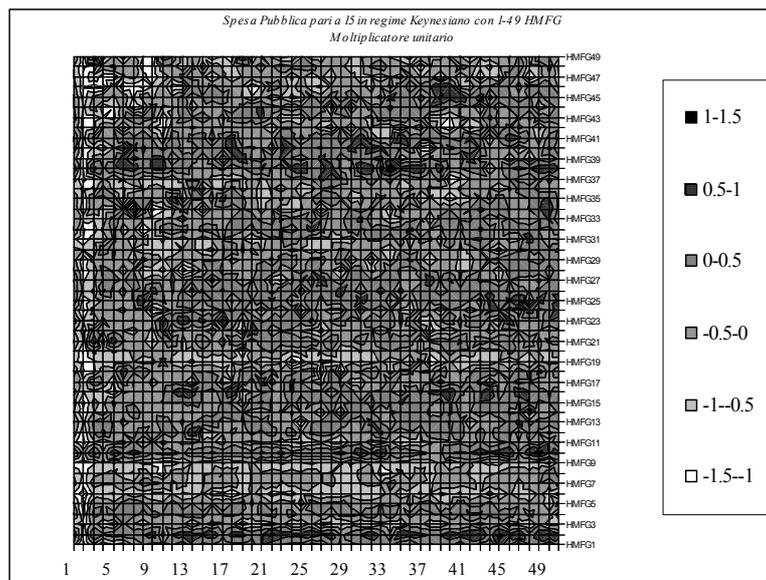
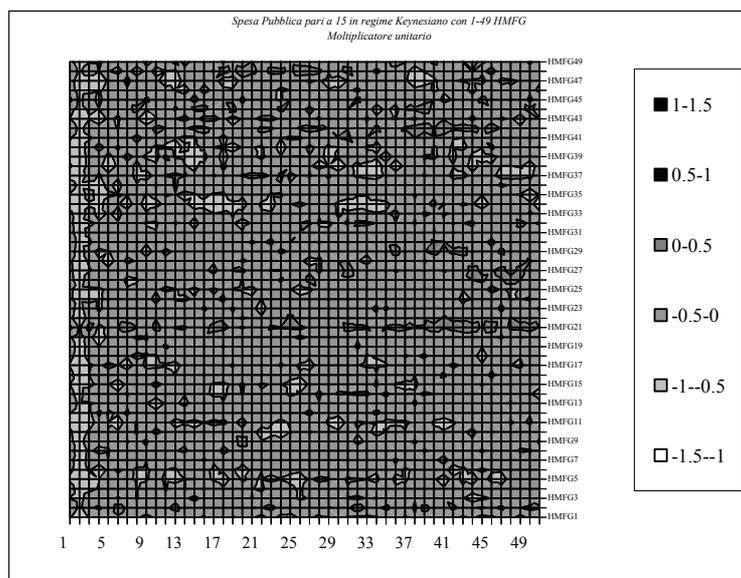


Fig. 7.a Moltiplicatore unitario della spesa pubblica pari a 15 rispetto a "conoscenti"



*Fig. 7.b Moltiplicatore unitario della spesa pubblica pari a 30 rispetto a "conoscenti"*

## 8. Conclusioni e possibili estensioni del modello

Abbiamo settato separatamente le proprietà macro e micro del sistema sulla base di un modello Neo-Keynesiano ed infine collegato i due livelli tramite un modello ad agenti eterogenei interattivi. Naturalmente, l'approccio agent-based è di tipo bottom-up dove il livello macro è generato dai comportamenti a livello microeconomico; gli effetti macro-economici emergenti hanno però un effetto top-down sul comportamento degli agenti. La nostra economia artificiale si può spostare durante il suo operare fra scenari differenti e, generalmente, non opera al livello massimo di capacità che potrebbe essere previsto in base al modello aggregato.

Anche se abbiamo proposto soltanto alcuni esempi, è evidente che gli effetti di politica economica catturati dal modello differiscono fortemente da

quelli tradizionalmente ben noti. Ciò è conseguenza dell'eterogeneità e dell'interattività degli agenti. Naturalmente, questo approccio è più generale di quello tradizionale. Infatti, quando tutti gli agenti sono identici, i risultati tradizionali ricompaiono.

La simulazione presentata sembra quindi aprire la strada per una corretta applicabilità di una teoria macroeconomica di taglio Neo-Keynesiano basata sulla eterogeneità (ed interattività) degli agenti ed eventualmente può permettere successive estensioni di tale approccio teorico.

I risultati ottenuti illustrano sia come le interrelazioni comunemente esistenti fra gli agenti possono influenzare le loro scelte sia la necessità di adoperare nuovi strumenti di analisi che siano adeguati ad ottenere suggerimenti di politica economica nel caso dei sistemi complessi date le caratteristiche di "incertezza profonda" di questi sistemi. E' evidente la necessità di ottenere, nel caso di sistemi complessi, politiche economiche che siano "robuste" anziché "ottimali" essendo il concetto di ottimalità un controsenso per tali sistemi. E' altresì evidente che perché l'analisi abbia una rilevanza come base di scelte economiche è necessario offrire degli spunti che tengano conto di vincoli propri del settore economico, quali il bilancio degli individui e delle imprese e la ricaduta sui comportamenti di questi agenti delle condizioni economiche prevalenti nel loro gruppo di riferimento, e pertanto delle informazioni che essi possono realisticamente ottenere. Tali informazioni sono, evidentemente, solo a livello locale. I comportamenti di "trend following" che scaturiscono dalle interazioni possono fungere da filtri di segnale, amplificando rumore ad alta frequenza ed inducendo delle autocorrelazioni positive di breve periodo fra il comportamento dei vari agenti.

Ovviamente l'approccio proposto si presta a molteplici possibili estensioni. Vogliamo qui riportare a puro scopo esemplificativo solo un breve elenco delle principali.

- Una separazione spaziale tra regioni deboli e forti basata sulla diversa domanda di beni e disponibilità a lavorare potrebbe evidenziare facilmente l'effetto differenziale delle diverse politiche sulle due aree. In questo ambito i problemi della "devolution" e della "decentralizzazione" potrebbero essere affrontati con un approccio più adeguato di quello usualmente adoperato. Lo stesso problema sollevato da Oates potrebbe essere ri-analizzato.

- Una specifica considerazione del mercato del credito e delle sue ricadute sull'economia reale potrebbe migliorare la comprensione delle politiche da implementare nei diversi regimi di razionamento del credito e l'interrelazione incrociata tra i settori finanziari e fiscali considerati come oscillatori accoppiati usualmente trascurata dall'analisi economica.
- Le questioni della sanità e dell'istruzione come interventi atti a modificare in vario modo le funzioni di preferenza degli individui a partire dalle loro condizioni iniziali e nel tempo potrebbe trovare un suo corretto substrato micro-macroeconomico.
- I problemi della competizione fiscale tra istituzioni dello stesso e di differente livello potrebbero essere affrontati in un contesto di "teoria dei giochi" a più agenti in cui la soluzione delle singole "transazioni" influisce sulla soluzione finale ed è da questa a sua volta modificata tramite una modificazione di scenario.



## Bibliografia

- Andrews C. and R. Axtell (2002): *Agent Based Modeling of Industrial Ecosystems* the Lake Arrowhead Conference - 2002
- Bankes, S. (1993): *Exploratory Modelling for Policy Analysis* ; Oper. Res. 41, 435-449
- Bankes S. (2002): *Tools and techniques for developing policies for complex and uncertain systems*; PNAS-May 14, 2002, vol. 99, suppl. 3, 7263-7266; [www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.092081399](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.092081399)
- Bankes, S. and Lempert, R. J. (1996): Adaptive Strategies for Abating Climate Change: An Example of Policy Analysis for Complex Adaptive Systems; in *Evolutionary Programming V: Proceedings of the Fifth Annual Conference on Evolutionary Programming*, eds. Fogel, L. J., Angeline, P. J. & Back, T. (MIT Press, Cambridge, MA), pp. 17-25
- Bankes, S. and Gillogly, J. (1994): Exploratory Modeling: Search Through Spaces of Computational Experiments, *Proceedings of the Third Annual Conference on Evolutionary Programming* , <http://www.evolvinglogic.com/Learn/absandpapers/expsearch.html>
- Bruun Ch. (1999): *Agent-Based Keynesian Economics: Simulating a Monetary Production System Bottom-Up*; <http://www.socsci.auc.dk/~cbruun/abke.pdf>
- Bruun Ch.(2000): *Prospect for an Economics Framework for Swarm* - Department of Economics, Politics and Public Administration - Aalborg University - <http://www.socsci.auc.dk/~cbruun>
- Clower R.W. (1968), *The Keynesian counter – revolution a theoretical appraisal*, in F. Hahn e F.R. Brechling (ed.), *The theory of Interest rates*, Londra Macmillan,
- Leijonhufvud A. (1968), *On Keynesian economics of Keynes. A study on monetary theory*.
- Fokke D. and I. Folkerts-Landau (1982): *Intertemporal Planning, Exchange and Macroeconomics*, Cambridge University Press.
- Gallegati M, (1999a): Agents Heterogeneity and Coordination Failure: An Experiment, (with D. Delli Gatti and D. Mignacca), in M. Gallegati and A. P. Kirman (ed.), *Beyond the Representative Agent* , 165-82, Elgar, Cheltenham.
- Gallegati M, (1999b): The New Keynesian Economics: A Survey, (with P. G. Ardeni, A. Boitani and D. Delli Gatti), in M. Messori (ed.), *Financial Constraints and Market Failures* , Elgard, Cheltenham.
- Gallegati M. and A. P. Kirman (ed.) (1999): *Beyond the Representative Agent*, p. 165-82, Elgar, Cheltenham.
- Kirman, A. (1992): *Whom or what does the representative individual represent?*, J.

- Economic Persp. 6, 117-36
- Lempert R. J. (2002): *A new decision sciences for complex systems*; PNAS May 14, 2002, vol. 99 Suppl. 3 p. 7309-7313 Colloquium Paper Platforms and Methodologies for Enhancing the Social Sciences through Agent-Based Simulation
- Muellbauer, J. and R. Portes, (1978): *Macroeconomic Models with Quantity Rationing*, The Economic Journal, 788-821.
- Mirowsky and Somefun (1998): Markets as evolving computational entities *Journal of Evolutionary Economics* - <http://ideas.repec.org/s/spr/joevec.html> ; 329-356
- Nishimura, K. (1992): *Imperfect Competition, Differential Information and Microfoundations of Macroeconomics*, Oxford: Oxford University Press, (also paperback edition, 1995)
- Nishimura, K. (1998): *Expectation Heterogeneity and Price Sensitivity*, *European Economic Review*, 42 619-629.
- Ruby A. (2003): [http://www.digitaleconomist.com/intro\\_4020.html](http://www.digitaleconomist.com/intro_4020.html)
- Salzano M (1993): *Le variabili fiscali nei modelli Neo-Keynesiani* , Liguori Editore, Napoli, 1993 and 2001.
- Schelling, T. (1978) *Micromotives and Macrobbehavior*, New York: Norton.

WORKING PAPERS DEL DIPARTIMENTO

- 1988, 3.1 Guido CELLA  
*Linkages e moltiplicatori input-output.*
- 1989, 3.2 Marco MUSELLA  
*La moneta nei modelli di inflazione da conflitto.*
- 1989, 3.3 Floro E. CAROLEO  
*Le cause economiche nei differenziali regionali del tasso di disoccupazione.*
- 1989, 3.4 Luigi ACCARINO  
*Attualità delle illusioni finanziarie nella moderna società.*
- 1989, 3.5 Sergio CESARATTO  
*La misurazione delle risorse e dei risultati delle attività innovative: una valutazione dei risultati dell'indagine CNR- ISTAT sull'innovazione tecnologica.*
- 1990, 3.6 Luigi ESPOSITO - Pasquale PERSICO  
*Sviluppo tecnologico ed occupazionale: il caso Italia negli anni '80.*
- 1990, 3.7 Guido CELLA  
*Matrici di contabilità sociale ed analisi ambientale.*
- 1990, 3.8 Guido CELLA  
*Linkages e input-output: una nota su alcune recenti critiche.*
- 1990, 3.9 Concetto Paolo VINCI  
*I modelli econometrici sul mercato del lavoro in Italia.*
- 1990, 3.10 Concetto Paolo VINCI  
*Il dibattito sul tasso di partecipazione in Italia: una rivisitazione a 20 anni di distanza.*
- 1990, 3.11 Giuseppina AUTIERO  
*Limiti della coerenza interna ai modelli con la R.E.H..*
- 1990, 3.12 Gaetano Fausto ESPOSITO  
*Evoluzione nei distretti industriali e domanda di istituzione.*
- 1990, 3.13 Guido CELLA  
*Measuring spatial linkages: input-output and shadow prices.*
- 1990, 3.14 Emanuele SALSANO  
*Seminari di economia.*

- 1990, 3.15 Emanuele SALSANO  
*Investimenti, valore aggiunto e occupazione in Italia in contesto biregionale: una prima analisi dei dati 1970/1982.*
- 1990, 3.16 Alessandro PETRETTO- Giuseppe PISAURO  
*Uniformità vs selettività nella teoria della ottima tassazione e dei sistemi tributari ottimali.*
- 1990, 3.17 Adalgiso AMENDOLA  
*Inflazione, disoccupazione e aspettative. Aspetti teorici dell'introduzione di aspettative endogene nel dibattito sulla curva di Phillips.*
- 1990, 3.18 Pasquale PERSICO  
*Il Mezzogiorno e le politiche di sviluppo industriale.*
- 1990, 3.19 Pasquale PERSICO  
*Priorità delle politiche strutturali e strategie di intervento.*
- 1990, 3.20 Adriana BARONE - Concetto Paolo VINCI  
*La produttività nella curva di Phillips.*
- 1990, 3.21 Emiddio GALLO  
*Varianze ed invarianze socio-spaziali nella transizione demografica dell'Italia post-industriale.*
- 1991, 3.22 Alfonso GAMBARDELLA  
*I gruppi etnici in Nicaragua. Autonomia politica ed economica.*
- 1991, 3.23 Maria SCATTAGLIA  
*La stima empirica dell'offerta di lavoro in Italia: una rassegna.*
- 1991, 3.24 Giuseppe CELI  
*La teoria delle aree valutarie: una rassegna.*
- 1991, 3.25 Paola ADINOLFI  
*Relazioni industriali e gestione delle risorse umane nelle imprese italiane.*
- 1991, 3.26 Antonio e Bruno PELOSI  
*Sviluppo locale ed occupazione giovanile: nuovi bisogni formativi.*
- 1991, 3.27 Giuseppe MARIGLIANO  
*La formazione del prezzo nel settore dell'intermediazione commerciale.*
- 1991, 3.28 Maria PROTO  
*Risorse naturali, merci e ambiente: il caso dello zolfo.*
- 1991, 3.29 Salvatore GIORDANO  
*Ricerca sullo stato dei servizi nelle industrie del salernitano.*

- 1992, 3.30 Antonio LOPES  
*Crisi debitoria e politiche macroeconomiche nei paesi in via di sviluppo negli anni 80.*
- 1992, 3.31 Antonio VASSILLO  
*Circuiti economici semplici, complessi, ed integrati.*
- 1992, 3.32 Gaetano Fausto ESPOSITO  
*Imprese ed istituzioni nel Mezzogiorno: spunti analitici e modalità di relazione.*
- 1992, 3.33 Paolo COCCORESE  
*Un modello per l'analisi del sistema pensionistico.*
- 1994, 3.34 Aurelio IORI  
*Il comparto dei succhi di agrumi: un caso di analisi interorganizzativa.*
- 1994, 3.35 Nicola POSTIGLIONE  
*Analisi multicriterio e scelte pubbliche.*
- 1994, 3.36 Adriana BARONE  
*Cooperazione nel dilemma del prigioniero ripetuto e disoccupazione involontaria.*
- 1994, 3.37 Adriana BARONE  
*Le istituzioni come regolarità di comportamento.*
- 1994, 3.38 Maria Giuseppina LUCIA  
*Lo sfruttamento degli idrocarburi offshore tra sviluppo economico e tutela dell'ambiente.*
- 1994, 3.39 Giuseppina AUTIERO  
*Un'analisi di alcuni dei limiti strutturali alle politiche di stabilizzazione nei LCDs.*
- 1994, 3.40 Bruna BRUNO  
*Modelli di contrattazione salariale e ruolo del sindacato.*
- 1994, 3.41 Giuseppe CELI  
*Cambi reali e commercio estero: una riflessione sulle recenti interpretazioni teoriche.*
- 1995, 3.42 Alessandra AMENDOLA, M. Simona ANDREANO  
*The TAR models: an application on italian financial time series.*
- 1995, 3.43 Leopoldo VARRIALE  
*Ambiente e turismo: Parco dell'Iguazù - Argentina.*

- 1995, 3.44 A. PELOSI, R. LOMBARDI  
*Fondi pensione: equilibrio economico-finanziario delle imprese.*
- 1995, 3.45 Emanuele SALSANO, Domenico IANNONE  
*Economia e struttura produttiva nel salernitano dal secondo dopoguerra ad oggi.*
- 1995, 3.46 Michele LA ROCCA  
*Empirical likelihood and linear combinations of functions of order statistics.*
- 1995, 3.47 Michele LA ROCCA  
*L'uso del bootstrap nella verosimiglianza empirica.*
- 1996, 3.48 Domenico RANESI  
*Le politiche CEE per lo sviluppo dei sistemi locali: esame delle diverse tipologie di intervento e tentativo di specificazione tassonomica.*
- 1996, 3.49 Michele LA ROCCA  
*L'uso della verosimiglianza empirica per il confronto di due parametri di posizione.*
- 1996, 3.50 Massimo SPAGNOLO  
*La domanda dei prodotti della pesca in Italia.*
- 1996, 3.51 Cesare IMBRIANI, Filippo REGANATI  
*Macroeconomic stability and economic integration. The case of Italy.*
- 1996, 3.52 Annarita GERMANI  
*Gli effetti della mobilitazione della riserva obbligatoria. Analisi sull'efficienza del suo utilizzo.*
- 1996, 3.53 Massimo SPAGNOLO  
*A model of fish price formation in the north sea and the Mediterranean.*
- 1996, 3.54 Fernanda MAZZOTTA  
*RTFL: problemi e soluzioni per i dati Panel.*
- 1996, 3.55 Angela SPAGNUOLO  
*Concentrazione industriale e dimensione del mercato: il ruolo della spesa per pubblicità e R&D.*
- 1996, 3.56 Giuseppina AUTIERO  
*The economic case for social norms.*
- 1996, 3.57 Francesco GIORDANO  
*Sulla convergenza degli stimatori Kernel.*
- 1996, 3.58 Tullio JAPPELLI, Marco PAGANO  
*The determinants of saving: lessons from Italy.*

- 1997, 3.59 Tullio JAPPELLI  
*The age-wealth profile and the life-cycle hypothesis: a cohort analysis with a time series of cross sections of Italian households.*
- 1997, 3.60 Marco Antonio MONACO  
*La gestione dei servizi di pubblico interesse.*
- 1997, 3.61 Marcella ANZOLIN  
*L'albero della qualità dei servizi pubblici locali in Italia: metodologie e risultati conseguiti.*
- 1997, 3.62 Cesare IMBRIANI, Antonio LOPES  
*Intermediazione finanziaria e sistema produttivo in un'area dualistica. Uno studio di caso.*
- 1997, 3.63 Tullio JAPPELLI  
*Risparmio e liberalizzazione finanziaria nell'Unione europea.*
- 1997, 3.64 Alessandra AMENDOLA  
*Analisi dei dati di sopravvivenza.*
- 1997, 3.65 Francesco GIORDANO, Cira PERNA  
*Gli stimatori Kernel per la stima non parametrica della funzione di regressione.*
- 1997, 3.66 Biagio DI SALVIA  
*Le relazioni marittimo-commerciali nell'imperiale regio litorale austriaco nella prima metà dell'800.*  
*I. Una riclassificazione delle Tafeln zur Statistik der Österreichischen Monarchie.*
- 1997, 3.67 Alessandra AMENDOLA  
*Modelli non lineari di seconda e terza generazione: aspetti teorici ed evidenze empiriche.*
- 1998, 3.68 Vania SENA  
*L'analisi econometrica dell'efficienza tecnica. Un'applicazione agli ospedali italiani di zona.*
- 1998, 3.69 Domenico CERBONE  
*Investimenti irreversibili.*
- 1998, 3.70 Antonio GAROFALO  
*La riduzione dell'orario di lavoro è una soluzione al problema disoccupazione: un tentativo di analisi empirica.*
- 1998, 3.71 Jacqueline MORGAN, Roberto RAUCCI  
*New convergence results for Nash equilibria.*

- 1998, 3.72 Rosa FERRENTINO  
*Niels Henrik Abel e le equazioni algebriche.*
- 1998, 3.73 Marco MICOCCI, Rosa FERRENTINO  
*Un approccio markoviano al problema della valutazione delle opzioni.*
- 1998, 3.74 Rosa FERRENTINO, Ciro CALABRESE  
*Rango di una matrice di dimensione K.*
- 1999, 3.75 Patrizia RIGANTI  
*L'uso della valutazione contingente per la gestione del patrimonio culturale: limiti e potenzialità.*
- 1999, 3.76 Annamaria NESE  
*Il problema dell'inefficienza nel settore dei musei: tecniche di valutazione.*
- 1999, 3.77 Gianluigi COPPOLA  
*Disoccupazione e mercato del lavoro: un'analisi su dati provinciali.*
- 1999, 3.78 Alessandra AMENDOLA  
*Un modello soglia con eteroschedasticità condizionata per tassi di cambio.*
- 1999, 3.79 Rosa FERRENTINO  
*Su un'applicazione della trasformata di Laplace al calcolo della funzione asintotica di non rovina.*
- 1999, 3.80 Rosa FERRENTINO  
*Un'applicazione della trasformata di Laplace nel caso di una distribuzione di Erlang.*
- 1999, 3.81 Angela SPAGNUOLO  
*Efficienza e struttura degli incentivi nell'azienda pubblica: il caso dell'industria sanitaria.*
- 1999, 3.82 Antonio GAROFALO, Cesare IMBRIANI, Concetto Paolo VINCI  
*Youth unemployment: an insider-outsider dynamic approach.*
- 1999, 3.83 Rosa FERRENTINO  
*Un modello per la determinazione del tasso di riequilibrio in un progetto di fusione tra banche.*
- 1999, 3.84 DE STEFANIS, PORZIO  
*Assessing models in frontier analysis through dynamic graphics.*
- 1999, 3.85 Annunziato GESUALDI  
*Inflazione e analisi delle politiche fiscali nell'U.E..*
- 1999, 3.86 R. RAUCCI, L. TADDEO  
*Dalle equazioni differenziali alle funzioni  $e^x$ ,  $\log x$ ,  $a^x$ ,  $\log_a x$ ,  $x^\alpha$ .*

- 1999, 3.87 Rosa FERRENTINO  
*Sulla determinazione di numeri aleatori generati da equazioni algebriche.*
- 1999, 3.88 C. PALMISANI, R. RAUCCI  
*Sulle funzioni circolari: una presentazione non classica.*
- 2000, 3.89 Giuseppe STORTI, Pierluigi FURCOLO, Paolo VILLANI  
*A dynamic generalized linear model for precipitation forecasting.*
- 2000, 3.90 Rosa FERRENTINO  
*Un procedimento risolutivo per l'equazione di Dickson.*
- 2000, 3.91 Rosa FERRENTINO  
*Un'applicazione della mistura di esponenziali alla teoria del rischio.*
- 2000, 3.92 Francesco GIORDANO, Michele LA ROCCA, Cira PERNA  
*Bootstrap variance estimates for neural networks regression models.*
- 2000, 3.93 Alessandra AMENDOLA, Giuseppe STORTI  
*A non-linear time series approach to modelling asymmetry in stock market indexes.*
- 2000, 3.94 Rosa FERRENTINO  
*Sopra un'osservazione di De Vylder.*
- 2000, 3.95 Massimo SALZANO  
*Reti neurali ed efficacia dell'intervento pubblico: previsioni dell'inquinamento da traffico nell'area di Villa S. Giovanni.*
- 2000, 3.96 Angela SPAGNUOLO  
*Concorrenza e deregolamentazione nel mercato del trasporto aereo in Italia.*
- 2000, 3.97 Roberto RAUCCI, Luigi TADDEO  
*Teoremi ingannevoli.*
- 2000, 3.98 Francesco GIORDANO  
*Una procedura per l'inizializzazione dei pesi delle reti neurali per l'analisi del trend.*
- 2001, 3.99 Angela D'ELIA  
*Some methodological issues on multivariate modelling of rank data.*
- 2001, 3.100 Roberto RAUCCI, Luigi TADDEO  
*Nuove classi di funzioni scalari quasiconcave generalizzate: caratterizzazioni ed applicazioni a problemi di ottimizzazione.*
- 2001, 3.101 Adriana BARONE, Annamaria NESE  
*Some insights into night work in Italy.*
- 2001, 3.102 Alessandra AMENDOLA, Marcella NIGLIO

*Predictive distributions of nonlinear time series models.*

- 2001, 3.103 Roberto RAUCCI  
*Sul concetto di certo equivalente nella teoria HSSB.*
- 2001, 3.104 Roberto RAUCCI, Luigi TADDEO  
*On stackelberg games: a result of unicity.*
- 2001, 3.105 Roberto RAUCCI  
*Una definizione generale e flessibile di insieme limitato superiormente in  $\mathfrak{R}^n$*
- 2001, 3.106 Roberto RAUCCI  
*Stretta quasiconcavit  nelle forme funzionali flessibili.*
- 2001, 3.107 Roberto RAUCCI  
*Sugli insiemi limitati in  $\mathfrak{R}^m$  rispetto ai coni.*
- 2001, 3.108 Roberto RAUCCI  
*Monotonie, isotonie e indecomponibilit  deboli per funzioni a valori vettoriali con applicazioni.*
- 2001, 3.109 Roberto RAUCCI  
*Generalizzazioni del concetto di debole Kuhn-Tucker punto-sella.*
- 2001, 3.110 Antonia Rosa GURRIERI, Marilene LORIZIO  
*Le determinanti dell'efficienza nel settore sanitario. Uno studio applicato.*
- 2001, 3.111 Gianluigi COPPOLA  
*Studio di una provincia meridionale attraverso un'analisi dei sistemi locali del lavoro. Il caso di Salerno.*
- 2001, 3.112 Francesco GIORDANO  
*Reti neurali per l'analisi del trend: un approccio per identificare la topologia della rete.*
- 2001, 3.113 Marcella NIGLIO  
*Nonlinear time series models with switching structure: a comparison of their forecast performances.*
- 2001, 3.114 Damiano FIORILLO  
*Capitale sociale e crescita economica. Review dei concetti e dell'evidenza empirica.*
- 2001, 3.115 Roberto RAUCCI, Luigi TADDEO  
*Generalizzazione del concetto di continuit  e di derivabilit .*
- 2001, 3.116 Marcella NIGLIO  
*Ricostruzione dei dati mancanti in serie storiche climatiche.*

- 2001, 3.117 Vincenzo VECCHIONE  
*Mutamenti del sistema creditizio in un'area periferica.*
- 2002, 3.118 Francesco GIORDANO, Michele LA ROCCA, Cira PERNA  
*Bootstrap variable selection in neural network regression models.*
- 2002, 3.119 Roberto RAUCCI, Luigi TADDEO  
*Insiemi debolmente convessi e concavità in senso generale.*
- 2002, 3.120 Vincenzo VECCHIONE  
*Know how locali e percorsi di sviluppo in aree e settori marginali.*
- 2002, 3.121 Michele LA ROCCA, Cira PERNA  
*Neural networks with dependent data.*
- 2002, 3.122 Pietro SENESI  
*Economic dynamics: theory and policy. A stability analysis approach.*
- 2002, 3.123 Gianluigi COPPOLA  
*Stima di un indicatore di pressione ambientale: un'applicazione ai comuni della Campania.*
- 2002, 3.124 Roberto RAUCCI  
*Sull'esistenza di autovalori e autovettori positivi anche nel caso non lineare.*
- 2002, 3.125 Maria Carmela MICCOLI  
*Identikit di giovani lucani.*
- 2002, 3.126 Sergio DESTEFANIS, Giuseppe STORTI  
*Convexity, productivity change and the economic performance of countries.*
- 2002, 3.127 Giovanni C. PORZIO, Maria Prosperina VITALE  
*Esplorare la non linearità nei modelli Path.*
- 2002, 3.128 Rosa FERRENTINO  
*Sulla funzione di Seal.*
- 2003, 3.129 Michele LA ROCCA, Cira PERNA  
*Identificazione del livello intermedio nelle reti neurali di tipo feedforward.*
- 2003, 3.130 Alessandra AMENDOLA, Marcella NIGLIO, Cosimo VITALE  
*The exact multi-step ahead predictor of SETARMA models.*
- 2003, 3.131 Mariangela BONASIA  
*La dimensione ottimale di un sistema pensionistico: means tested vs programma universale.*
- 2003, 3.132 Annamaria NESE  
*Abitazione e famiglie a basso reddito.*

- 2003, 3.133 Maria Lucia PARRELLA  
*Le proprietà asintotiche del Local Polynomial Bootstrap.*
- 2003, 3.134 Silvio GIOVE, Maurizio NORDIO, Stefano SILVONI  
*Stima della prevalenza dell'insufficienza renale cronica con reti bayesiane: analisi costo efficacia delle strategie di prevenzione secondaria.*
- 2003, 3.135 Massimo SALZANO  
*Globalization, complexity and the holism of the italian school of public finance.*
- 2003, 3.136 Giuseppina AUTIERO  
*Labour market institutional systems and unemployment performance in some Oecd countries.*
- 2003, 3.137 Marisa FAGGINI  
*Recurrence analysis for detecting non-stationarity and chaos in economic times series.*
- 2003, 3.138 Marisa FAGGINI, Massimo SALZANO  
*The reverse engineering of economic systems. Tools and methodology.*
- 2003, 3.139 Rosa FERRENTINO  
*In corso di pubblicazione.*
- 2003, 3.140 Rosa FERRENTINO, Roberto RAUCCI  
*Sui problemi di ottimizzazione in giochi di Stackelberg ed applicazioni in modelli economici.*
- 2003, 3.141 Carmine SICA  
*In corso di pubblicazione.*
- 2004, 3.142 Sergio DESTEFANIS, Antonella TADDEO, Maurizio TORNATORE  
*The stock of human capital in the Italian regions.*
- 2004, 3.143 Elena Laureana DEL MERCATO  
*Edgeworth equilibria with private provision of public good.*
- 2004, 3.144 Elena Laureana DEL MERCATO  
*Externalities on consumption sets in general equilibrium.*
- 2004, 3.145 Rosa FERRENTINO, Roberto RAUCCI  
*Su alcuni criteri delle serie a termini non negativi.*
- 2004, 3.146 Rosa FERRENTINO, Roberto RAUCCI  
*Legame tra le soluzioni di Minty e di Stempacenhia nelle disequazioni variazionali.*

- 2004, 3.147 Gianluigi COPPOLA  
*In corso di pubblicazione.*
- 2004, 3.148 Massimo Spagnolo  
*The Importance of Economic Incentives in Fisheries Management*
- 2004, 3.149 F. Salsano  
*La politica monetaria in presenza di non perfetta osservabilità degli obiettivi del banchiere centrale.*
- 2004, 3.150 A. Vita  
*La dinamica del cambiamento nella rappresentazione del territorio. Una mappa per i luoghi della Valle dell'Irno.*
- 2004, 3.151 Celi  
*Empirical Explanation of vertical and horizontal intra-industry trade in the UK: a comment.*
- 2004, 3.152 Amendola – P. Vitale  
*Self-Assessment and Career Choices: An On-line resource for the University of Salerno.*
- 2004, 3.153 A. Amendola – R. Troisi  
*Introduzione all'economia politica dell'organizzazione: nozioni ed applicazioni.*
- 2004, 3.154 A. Amendola – R. Troisi  
*Strumenti d'incentivo e modelli di gestione del personale volontario nelle organizzazioni non profit.*
- 2004, 3.155 Lavinia Parisi  
*La gestione del personale nelle imprese manifatturiere della provincia di Salerno.*
- 2004, 3.156 Angela Spagnuolo – Silvia Keller  
*La rete di accesso all'ultimo miglio: una valutazione sulle tecnologie alternative.*
- 2005, 3.157 Davide Cantarelli  
*Elasticities of Complementarity and Substitution in Some Functional Forms. A Comparative Review.*
- 2005, 3.158 Pietro Coretto – Giuseppe Storti  
*Subjective Expectations in Economics: a Statistical overview of the main findings.*
- 2005, 3.159 Pietro Coretto – Giuseppe Storti  
*Moments based inference in small samples.*