

# *Teoria dei Processi Imitativi ed Applicazioni Economiche*

*Marco Arnone\**  
*International Monetary Fund - Washington, D.C.*  
*Università Cattolica - Milano*

**ABSTRACT:** This paper provides a survey of recent theories of *herding behaviour*, bridging two rather distant strands of literature (roughly, American and European). In the first part of the paper the explanation is based on the idea of asymmetric information and principal-agent approach; these could lead to an over-estimation of public information and under-estimation of private information, leading to informational cascades and interruption of social learning. The second part reviews the second strand of literature on herding, where transition probabilities from one strategy to another, which are stochastic at individual level, give rise to quasi-deterministic paths at aggregate level. The concept of self-referential and hetero-referential systems are introduced,

Keywords: Herd behaviour, informational cascades, asymmetric information, learning, self-organisation.

Jel Classification: C6, D8, G1

---

\* Indirizzo di corrispondenza: Istituto di Politica Economica, Università Cattolica di Milano, Via Necchi 5, 20123 Milano; email: marco.arnone@fastwebnet.it

Le opinioni espresse sono quelle dell'autore e non rappresentano necessariamente quelle del Fondo Monetario Internazionale o alcuna sua policy. Ringrazio Stefano Bosi, Luigi Campiglio, Giorgio Rampa per le discussioni sull'argomento. Gli errori sono esclusivamente dell'autore.

*0. Introduzione - 1. Definizioni ed approcci - 2. Asimmetrie e cascate informative – 3. Robustezza dei fenomeni imitativi e timing strategico – 4. Applicazione: approccio principale-agente e spiegazioni comportamentali – 5. Selezione degli equilibri e comportamenti imitativi - 6. Sistemi autoreferenti ed eteroreferenti - 6.1. Bolle speculative e convenzioni - 6.2. Bolle speculative e Master Equation: introduzione - 6.3. Entomologia, asimmetrie comportamentali ed equilibri probabilistici - 7. Bolle speculative e crolli di mercato - 8. Implicazioni di politica economica e considerazioni conclusive*

## **0. Introduzione**

Scopo del presente lavoro è di analizzare alcuni recenti contributi teorici alla teoria dei comportamenti imitativi ed alcune applicazioni economiche. L'analisi di comportamenti imitativi può considerarsi legata ad una più generale analisi dei processi di apprendimento, individuale e collettivo. L'apprendimento è stato a lungo messo in disparte dai teorici delle aspettative razionali con l'ipotesi che gli agenti abbiano perfetta conoscenza del sistema economico, delle relazioni strutturali e dei parametri. Ovviamente, con tale ipotesi si escludono a priori problemi di apprendimento, per concentrarsi sull'esistenza di un sentiero di equilibrio per l'economia in cui il ruolo di coordinamento svolto dal mercato è indiscutibile. Tuttavia, se si abbandona il granitico insieme di ipotesi che sottostà all'analisi economica con aspettative razionali - in particolare quelle relative alla distribuzione delle informazioni e quella di perfetta razionalità massimizzante - o si introducono dei vincoli (ad esempio, temporali o di *performance evaluation*, come sui mercati finanziari), è lecito chiedersi cosa succeda di questi sentieri di equilibrio e se il mercato sia un meccanismo di coordinamento sufficiente per le scelte degli agenti. Allentare l'ipotesi di simmetria e completezza informativa apre la strada ad un filone della letteratura sui comportamenti imitativi basato su problemi informativi.

Se si mette in discussione anche l'ipotesi di razionalità massimizzante, si apre un ventaglio di possibilità interpretative di fenomeni economici. A livello micro, cioè al livello di analisi dei singoli agenti si aprono possibilità di modellare i loro comportamenti in maniera meno rigida, e quindi di generare un ventaglio di possibili risultati economici, sulla base di specifici meccanismi di interazione. Proprio questa potenziale "ricchezza" di modalità di interazione e di possibili sentieri offre una spazio all'intervento dei policy-maker.

Nella letteratura sull'herding i contributi più tradizionali si incanalano nel filone delle asimmetrie informative, mantenendo fermo il concetto neoclassico di razionalità; mentre altri studiosi, pur in ambito neoclassico si rifanno ad un concetto di razionalità comportamentale. All'altro estremo della letteratura vi sono dei contributi che riducono

Le opinioni espresse sono quelle dell'autore e non rappresentano necessariamente quelle del Fondo Monetario Internazionale o alcuna sua policy. Ringrazio Stefano Bosi, Luigi Campiglio, Giorgio Rampa per le discussioni sull'argomento. Gli errori sono esclusivamente dell'autore.

l'attenzione per il concetto di razionalità individuale per accentuare invece gli aspetti aggregati, cioè le dinamiche di sistema cui dei comportamenti individuali modellati secondo un approccio di carattere evolutivo danno origine, mutuando dalle recenti evoluzioni in fisica e matematica, in contesti in cui la morfogenesi ha un ruolo importante<sup>1</sup>. Vi sono poi alcune posizioni intermedie in cui i comportamenti imitativi sono uno strumento di equilibrium selection, ma non studiati per se stessi. Presenteremo in questo lavoro sui comportamenti imitativi sia la letteratura più tradizionale che quella più "innovativa" e metteremo in rilievo come, per entrambi gli approcci teorici e tecnici, il riconoscimento dell'esistenza di azioni imitative costituisca un passo importante nello studio di certi fenomeni di mercato: nei casi più tradizionali per i fenomeni legati a bolle speculative; in altri, forse più importanti, per la generazione di equilibri multipli e di morfologie endogene.

Il presente lavoro è strutturato come segue: viene diviso in due sezioni, sulla base degli approcci presentati. Nella sezione A vengono presentati i contributi più tradizionali che si rifanno specificamente a problemi di asimmetrie informative, mentre nella sezione B vengono presentati i modelli dove le problematiche commesse all'*herding* vengono ricondotte strettamente ad approcci evolutivi ed alle teorie della morfogenesi. Nella prima sezione vengono affrontati alcuni aspetti definitivi e sulle cause di comportamenti imitativi, insieme a quelli di equilibrio e coordinamento; viene poi presentato il modello di Banerjee (1992) che viene considerato rappresentativo di questo tipo di analisi dei fenomeni di *herding*, seguito da una analisi delle cascate informative, delle mode e di fenomeni di *fads*. Il terzo paragrafo analizza problemi di robustezza del fenomeno di *herding*. Seguono nel paragrafo quarto due applicazioni economiche, con due modelli teorici, relativi al mercato del lavoro ed all'attività previsionale in campo economico. Il quinto paragrafo affronta i problemi di selezione degli equilibri. La sezione B viene introdotta da una analisi delle differenze fra sistemi autoreferenti e sistemi eteroreferenti, secondo la classificazione proposta da Orléan (1989), e continua con la presentazione di un modello di bolle speculative e nascita di 'convenzioni'. Questa viene ripresa nell'analisi di Kirman (1993) che costituisce un interessante passaggio dall'entomologia all'economia, con una approfondita analisi dei processi di transizione stocastica e di 'reclutamento'. Infine, l'ultimo modello presentato raggruppa quasi tutti i concetti presentati nella seconda sezione, con applicazione dell'analisi dell'*herding* ai mercati finanziari in cui vengono generati endogenamente equilibri multipli, bolle speculative e crolli nei valori dei titoli.

## 1. Definizioni e approcci

Il ricorso a "comportamenti imitativi" (herd behaviour) come spiegazione almeno parziale di certi fenomeni di massa appare sempre più diffuso, in riferimento sia alle dinamiche dei mercati finanziari e valutari che a situazioni di non diretta rilevanza economica (mode nell'abbigliamento, in correnti letterarie, in destinazioni di viaggio), eppure è difficile trovare in letteratura una definizione di comportamenti imitativi. Devenon-Welch (1996) definiscono comportamento l'imitazione (*herding*) come pattern

---

<sup>1</sup> Si veda Orléan (1989), Thom (1989), Haken (1978 e 1988).

di comportamenti correlati fra individui<sup>2</sup>. Chiaramente questa definizione comprenderebbe anche tutti quei comportamenti che, interpretando correttamente una situazione esterna, porta tutti gli agenti a reagire in modo simile. Devenon-Welch (1996) restringono allora l'ambito di applicabilità della loro definizione a quel tipo di herding che può condurre a decisioni sistematicamente sbagliate di un'intera popolazione di agenti e quindi ad un equilibrio sub-ottimale. Benché questa definizione copra certamente alcuni aspetti fondamentali dei fenomeni imitativi, essa deve essere integrata dalle seguenti considerazioni:

1. si possono avere fenomeni imitativi che non portano a risultati subottimali<sup>3</sup> (*not fully revealing informational cascades*) almeno per certe classi di situazioni;
2. certe azioni possono essere adottate osservando quelle altrui: questa è una caratteristica fondamentale dei comportamenti imitativi. Possono essere osservabili solo le azioni o azioni e segnali congiuntamente<sup>4</sup> e, in relazione a che cosa è effettivamente osservabile, si possono avere dei comportamenti imitativi che portano a situazioni sub-ottimali oppure a degli ottimi. Sulla base della osservabilità o meno di elementi che appartengono ad altri giocatori (segnali, azioni, caratteristiche) possono generarsi comportamenti correlati. La definizione di Devenon-Welch (1996) viene quindi ad essere integrata con il quadro di Bikchandani-Hirshleifer-Welch (1992), arricchita ad un livello più fondamentale e senza legare gli effetti di comportamenti imitativi necessariamente a risultati sub-ottimali.

La modellistica sull'herding in cui i comportamenti imitativi siano la conseguenza di una scelta razionale rappresenta una visione opposta rispetto a quella in cui prevalgono spiegazioni di carattere psicologico; sono presenti in letteratura posizioni intermedie in cui gli agenti usano regole euristiche per ovviare a costose ricerche di informazioni e alla loro analisi<sup>5</sup>, oppure gli agenti usano approcci evolutivi<sup>6</sup>.

Nella corrente di analisi sui comportamenti imitativi razionali si sono individuate alcune possibili cause di conformità nelle scelte<sup>7</sup>: 1. esternalità nei payoff, in cui la scelta di una strategia da parte di un agente influisce sul payoff, che viene a dipendere dal numero di persone che adottano quella strategia. Esternalità nei payoff possono portare all'adozione di particolari "convenzioni"<sup>8</sup>, (esempi possono essere la lingua o la moneta); 2. problemi di decisione simili fra gli agenti ovvero asimmetrie informative, ad esempio per i casi di performance evaluation (scelta dei manager, decisioni di investimento); 3. esternalità informative, nel caso in cui cercare di ottenere informazioni riguardanti altri agenti può portare a trascurare informazioni proprie, generando cascate informative, con possibili soluzioni sub-ottimali. Le cascate informative possono aiutare

---

<sup>2</sup> Si veda Devenon-Welch (1996), pag. 604.

<sup>3</sup> Si veda Lee (1993), Kandori-Maylath-Rob (1993), Peyton Young (1993).

<sup>4</sup> Si veda Bikchandani-Hirshleifer-Welch (1992).

<sup>5</sup> Si veda Devenon-Welch (1996), pag. 604.

<sup>6</sup> Si veda Kandori-Maylath-Rob (1993) e Peyton Young (1993), ma anche i contributi di Kirman (1993), Lux (1995), Topol (1991).

<sup>7</sup> Si veda Bikchandani-Hirshleifer-Welch (1998), e anche Devenon-Welch (1996).

<sup>8</sup> Si veda Bikchandani-Hirshleifer-Welch (1998), pag. 153, e Peyton Young (1993), pag. 57.

Le opinioni espresse sono quelle dell'autore e non rappresentano necessariamente quelle del Fondo Monetario Internazionale o alcuna sua policy. Ringrazio Stefano Bosi, Luigi Campiglio, Giorgio Rampa per le discussioni sull'argomento. Gli errori sono esclusivamente dell'autore.

a spiegare l'adozione di decisioni sbagliate a livello di popolazione, ma anche la fragilità del fenomeno imitativo stesso<sup>9</sup>.

Altre cause, non necessariamente legate a modelli di spiegazione razionali, sono state indicate come generatrici di comportamenti imitativi: un esempio sono le sanzioni per comportamenti devianti (tipiche quelle di regimi politici non democratici) o l'interdipendenza fra preferenze di diversi agenti, quest'ultimo caso dà luogo ai fenomeni sociali delle mode<sup>10</sup>.

Affinché l'imitazione si verifichi occorrono dei meccanismi di coordinamento cioè delle regole ampiamente accettate<sup>11</sup> basate su segnali come i prezzi, che danno luogo al meccanismo di coordinamento di mercato, ovvero sulla possibilità di osservare direttamente altri decisori<sup>12</sup>, ovvero su meccanismi di comunicazione unidirezionale come i media, con capacità di raggiungere simultaneamente un vasto numero di agenti non comunicanti fra loro, ovvero sul possesso di expertise da parte di fashion leader. Le stesse istituzioni sono meccanismi di coordinamento.

La ricerca di meccanismi di coordinamento per la nascita di comportamenti imitativi sposta l'analisi sulla spiegazione di come si giunge a degli equilibri. KMR93 pongono in evidenza due casi opposti: un approccio introspettivo in cui gli agenti, oltre a non avere problemi informativi, conoscono anche le regole ed i modelli usati dagli altri agenti; oppure un approccio evolutivo in cui gli agenti devono apprendere o darsi delle regole di comportamento, riconducendosi alle precedenti osservazioni dei meccanismi di coordinamento e istituzionali.

## 2. Asimmetrie e Cascade informative

Banerjee (1992) propone una teoria dei comportamenti imitativi basata su asimmetrie informative. Egli mostra come sia conforme al principio di razionalità usato in economia che alcuni agenti, nel prendere delle decisioni, tengano conto direttamente (cioè senza la tradizionale mediazione del mercato) del comportamento di altri agenti; ciò accade con l'obiettivo di ottenere quelle informazioni di cui sono privi. In questo senso il comportamento imitativo è conseguenza di una scelta razionale - secondo l'accezione neoclassica. Banerjee sottolinea questo aspetto in quanto mira a descrivere il fenomeno imitativo con un allontanamento minimo dall'ipotesi di comportamento razionale e con un uso "efficiente" di tutte le informazioni disponibili agli agenti. Tuttavia, una delle conseguenze della scelta di osservare gli altri agenti per "carpirne" eventuali informazioni non disponibili agli osservatori può indurre ad una sottostima delle informazioni private quando queste confliggano con quelle desumibili dal comportamento di altri agenti.

Spostando l'attenzione sul problema della scelta di portafoglio, affrontato da Banerjee, sia dato un insieme di  $N$  agenti; ciascun agente massimizza la propria funzione di utilità Von Neumann-Morgenstern, nello spazio dei rendimenti delle attività

---

<sup>9</sup> Si veda Devenon-Welch (1996), pag. 609, e anche più sotto.

<sup>10</sup> Si veda Bikchandani-Hirshleifer-Welch (1998), Oswald (1992).

<sup>11</sup> Si veda Devenon-Welch (1996), pag. 604.

<sup>12</sup> Si veda Bikchandani-Hirshleifer-Welch (1992).

finanziarie. Sia dato un continuum di attività di indice  $i \in [0, 1]$  indicate con  $a(i)$ . Il rendimento fisico della  $i$ -esima attività, per la  $n$ -esima persona, è  $z(i)$ . Assumiamo che vi sia un unico  $i^*$  tale che

$$(2.1) \quad z(i) = 0, \quad \forall i \neq i^* \quad \text{e} \quad z(i^*) = z > 0, \quad \text{per } i = i^*;$$

tuttavia, l'attività  $i^*$  non è nota. Ciascun agente ha una probabilità  $\alpha$  di ricevere un segnale che riveli che quale sia  $i^*$ . Tale segnale può dare una informazione falsa con prob  $(1-\beta)$ . In tal caso il segnale non dà alcuna informazione rilevante su  $i^*$ , e quindi la probabilità *a priori* resta uniforme. Il meccanismo di decisione è sequenziale, con gli agenti selezionati in maniera casuale. Ciascun agente può osservare le scelte operate dai decisori precedenti, ma non i loro segnali (se ne avevano). Alla fine, quando tutte le decisioni saranno state prese, si vedrà se qualcuno degli agenti aveva indicato  $z(i^*)$  o meno. L'insieme informativo comune include la struttura del gioco e razionalità bayesiana. Occorre esplicitare tre ipotesi al fine di selezionare l'equilibrio di Nash bayesiano e minimizzare la possibilità di comportamenti imitativi (secondo lo spirito dell'autore di allontanarsi il meno possibile dalla piena razionalità): - Ipotesi A: quando un decisore è privo di segnali e tutti gli altri hanno scelto  $i=0$ , il decisore sceglie  $i=0$ ; - Ipotesi B: in caso di indifferenza tra il segnale proprio e quello di qualcun altro, il decisore sceglie il proprio; - Ipotesi C: quando il decisore è indifferente nella scelta di seguire qualcuno dei precedenti, seguirà quello col valore più alto di  $i$ .

Sulla base della struttura del gioco e delle ipotesi su esposte, la regola di scelta di equilibrio di Nash unico è la seguente:

1. il primo decisore segue il proprio segnale, se ne ha uno, altrimenti sceglie  $i=0$ .
2. per  $k > 1$ , se il  $k$ -esimo decisore ha un segnale, sceglierà di seguirlo se e solo se la seguente (a) è valida. Se (a) non è valida, allora deve valere (b) seguente, dove (a) e (b) sono definite come segue: (a) il segnale del decisore coincide con uno già scelto, (b) ciascuna alternativa eccetto  $i=0$  è stata scelta da non più di una persona.
3. se il decisore ha un segnale, sceglierà l'opzione scelta da più persone, ma preferirà una che coincide con il proprio segnale.
4. se alcuni hanno scelto l'opzione corrispondente al segnale più alto, il decisore sceglierà tale opzione a meno che altri abbiano già scelto una opzione corrispondente al segnale da lui posseduto.
5. se il decisore non ha un segnale, sceglierà l'opzione corrispondente al segnale più alto (se è stata già scelta), ma preferisce l'azione corrispondente a quella scelta dal numero maggiore di decisori.

Sulla base della precedente regola di scelta, il fenomeno imitativo si manifesta già nelle primissime fasi del processo di scelta sequenziale e il risultato finale dipende in modo decisivo dalle scelte dei primissimi decisori. Il fattore fondamentale nel determinare questo risultato è nel diverso peso che gli operatori attribuiscono a diversi tipi di informazioni, pubbliche e private. Infatti, se i decisori non avessero la possibilità di osservare le scelte altrui, dovrebbero usare al meglio solo le proprie informazioni private, cioè il segnale (quelli che lo ricevono) e le probabilità a priori: in tal caso non si verificherebbe alcun fenomeno imitativo. Invece, in presenza di osservabilità delle scelte

Le opinioni espresse sono quelle dell'autore e non rappresentano necessariamente quelle del Fondo Monetario Internazionale o alcuna sua policy. Ringrazio Stefano Bosi, Luigi Campiglio, Giorgio Rampa per le discussioni sull'argomento. Gli errori sono esclusivamente dell'autore.

altrui, i decisori tendono a sottostimare il valore delle proprie informazioni e a creare "cascate informative" che rendono il risultato finale fortemente dipendente dalle decisioni dei primi agenti - nel caso precedente sono sufficienti i primi due o tre. Questo aspetto è importante e richiede una precisazione; la osservabilità del comportamento degli altri agenti non è, da sola, condizione sufficiente a generare un comportamento a cascata. Ciò si verifica se l'osservazione di tale comportamento induce una modifica del proprio e se tale modifica non è conseguenza di una conoscenza di tutte le informazioni sulle quali chi ha agito prima si è basato: ciascun decisore osserva i comportamenti dei decisori precedenti, ma non conosce i loro insiemi informativi e, in particolare, non sa se hanno ricevuto un segnale o meno.

L'esternalità e le inefficienze che tale comportamento genera sono, quindi, conseguenza del fatto che "le scelte effettuate dagli agenti non sempre sono statistiche sufficienti per le informazioni in loro possesso"<sup>13</sup>. D'altro canto la scelta di un comportamento imitativo è razionale, nel senso che ciascun agente cerca di utilizzare le informazioni disponibili in maniera efficiente; tuttavia, proprio questo determina una esternalità negativa sui decisori successivi in quanto riduce la probabilità per loro di scoprire  $i^*$ . In questo senso il comportamento degli agenti riduce il benessere collettivo. *Vi è un conflitto informativo tra informazioni private e informazioni pubbliche*: si può minimizzare l'entità del comportamento imitativo riducendo il livello di informazioni pubbliche, poiché è proprio il problema del coordinamento informativo che in questo approccio genera un risultato inefficiente. Conclusioni diverse da quelle su esposte potrebbero ottenersi nel caso in cui si modificano le ipotesi sul flusso informativo e sulla struttura dei *payoff*. Si veda a questo proposito il paragrafo sul timing endogeno e Cooper (1999).

Affrontiamo il problema della esogeneità (*fads*) o endogeneità (*mode*) degli equilibri in presenza di comportamenti imitativi. Il contributo di Bikhchandani-Hirshleifer-Welch (BHW) (1992, 1998) analizza il sorgere di comportamenti imitativi basati sull'osservabilità delle azioni. Come in Banerjee (1992), gli autori propongono un confronto tra i risultati derivanti da osservabilità diretta - delle variabili - e indiretta - dei segnali o delle azioni. Nel primo caso, non viene ovviamente generato alcun fenomeno imitativo a cascata, nel senso che le informazioni private sono per tutti sufficienti a prendere decisioni indipendenti. Più interessante è, invece, il caso relativo alla osservabilità dei segnali privati sulle variabili. Anche in questo caso il sistema convergerebbe all'equilibrio, poiché l'aggregazione delle informazioni individuali porta rapidamente alla individuazione del valore più probabile di una certa variabile. Una cascata informativa sorge quasi con certezza quando si può osservare solo il comportamento altrui, cioè le altrui azioni. Infatti, una cascata informativa si verifica quando le azioni di un individuo vengono decise senza tener conto dei propri segnali privati, ma tenendo conto solo delle azioni altrui: i segnali privati perdono di significatività e diventano non informativi.

La parte originale dell'analisi di BHW consiste nel derivare le condizioni minime che danno origine a delle cascate informative ed a mostrare la fragilità di tali cascate, dove per fragilità si intende che bastano piccole perturbazioni nei comportamenti o negli insiemi informativi degli agenti per modificarne gli equilibri. Infatti, un vantaggio in termini

---

<sup>13</sup> Si veda Banerjee (1992), pag. 809.

di accuratezza del segnale dopo che una cascata è iniziata, può facilmente fermarla. Chiaramente, quest'ultimo tipo di risultati è più robusto nel caso di *fads* - dove l'equilibrio è esogeno, cioè dato e immutabile per qualunque configurazione dei parametri - che nel caso delle *mode* - dove l'equilibrio, o gli equilibri, sono variabili qualitativamente e quantitativamente, per diverse configurazioni dei parametri.

Come già visto nel precedente paragrafo, quattro tipi di meccanismi sono stati generalmente descritti in letteratura per spiegare comportamenti imitativi: a) sanzioni per i devianti, b) esternalità a *payoff* positivo, c) preferenza per la conformità e avversione al rischio, d) comunicazioni interpersonali. I primi tre meccanismi sono autorinforzanti nel senso che maggiore è la loro durata, più difficile diviene alterarne l'equilibrio, cioè agiscono come meccanismi fortemente stabilizzanti.

Presentiamo le linee generali di un modello di scelte sequenziali che descrive le caratteristiche essenziali di un processo a cascata. Sia data una sequenza di individui,  $i=1, \dots, n$  e ciascuno deve decidere se adottare o rigettare un certo comportamento. Tutte le decisioni sono osservabili, nell'ordine in cui vengono prese e l'ordine di decisioni è esogeno e noto a tutti. Si assume un costo noto e uguale per tutti di adozione  $c$  pari ad  $1/2$ . I vantaggi dell'adozione sono anch'essi noti e uguali e per tutti:  $v=0$  con probabilità  $p(v=0)=1/2$ ,  $v=1$  con probabilità  $p(v=1)=1/2$ . Ciascun agente riceve un segnale  $x_i$  che può essere H con prob  $p_i > 1/2$  se il valore vero è 1 e  $(1-p_i)$  se il suo valore è 0. Nel caso di segnali con distribuzione uniforme,  $p_i=p \quad \forall i$ , il valore stesso dell'adottare un certo comportamento è

$$(2.2) \quad E(v) = \gamma 1 + (1-\gamma)0 = \gamma,$$

dove  $\gamma$  è la probabilità a posteriori che il valore vero sia 1. Nel caso di indifferenza tra adottare e rigettare, entrambe le azioni sono possibili con probabilità  $1/2$ . Il primo individuo nella fila adotterà se ha ricevuto il segnale H, non adotterà se ha ricevuto il segnale L. Il secondo agente potrà inferire i segnali del primo sulla base delle scelte da esso fatte: il secondo agente sceglierà di adottare se ha osservato questa scelta da parte del primo agente e se il suo segnale è H; mentre se il suo segnale è L adotterà o rigetterà con probabilità  $1/2$ . Comportamento simmetrico si ha nel caso di rigetto da parte del primo agente. Il terzo agente troverà le seguenti alternative: entrambi coloro che hanno già scelto hanno adottato un certo comportamento, nel qual caso egli lo adotta indipendentemente dal proprio segnale; oppure i precedenti hanno rigettato, nel qual caso egli rigetterà indipendentemente dal proprio segnale. Se, invece, i due precedenti hanno adottato comportamenti eterogenei (scelte differenti), il terzo si trova nelle stesse condizioni del primo con un valore atteso di adozione di  $1/2$  e, quindi, il suo segnale determina il corso dell'azione. Situazione simile si presenta al quarto in linea rispetto al secondo, al quinto rispetto al terzo. Sulla base di queste regole di decisione, la probabilità ex ante di una cascata informativa ascendente, di nessuna cascata o di una cascata discendente dopo un numero  $n$  (pari) di individui è rispettivamente

$$(2.3) \quad [1-(p-p^2)^{n/2}]/2, \quad (p-p^2)^{n/2}, \quad [1+(p-p^2)^{n/2}]/2$$

Le opinioni espresse sono quelle dell'autore e non rappresentano necessariamente quelle del Fondo Monetario Internazionale o alcuna sua policy. Ringrazio Stefano Bosi, Luigi Campiglio, Giorgio Rampa per le discussioni sull'argomento. Gli errori sono esclusivamente dell'autore.

Più vicino è  $p$  ad  $\frac{1}{2}$  più tardi comincia la cascata e, cosa di estremo interesse, minore è la probabilità di non essere in una cascata informativa. Inoltre, assumendo un certo valore di verità per il segnale, si può calcolare la probabilità di essere nella cascata giusta. Tale probabilità è crescente in  $p$  ed  $n$ . L'aspetto più significativo delle cascate informative è che rendono impossibile l'aggregazione delle informazioni private, perché queste non vengono più utilizzate. Nell'analisi di Banerjee si suggeriva che il sistema guadagnerebbe un grado maggiore di efficienza ex ante ed ex post se venisse distrutta una parte di informazione pubblica e, in particolare, se venisse reso difficile osservare le decisioni dei primi decisori (non necessariamente di tutti i precedenti, ma solo dei primi 2 o 3).

Riprendendo le osservazioni precedenti sulla diversa osservabilità di una variabile, di un segnale o di una azione, c'è da segnalare che la sequenza di scelte nel caso di segnali osservabili, ovvero nel caso di azione osservabile, è inizialmente la stessa. I problemi sorgono quando chi può osservare solo le azioni comincia a non tenere più conto dei propri segnali privati. A questo punto i due sentieri divergono e, quando la cascata comincia, non è più limitabile. Ciò deriva dal fatto che una volta iniziata una cascata informativa, l'informazione privata del successivo agente non viene tenuta in alcuna considerazione; il contenuto del suo segnale viene, dunque, perso e l'agente sceglierà sulla base delle informazioni disponibili solo osservando le azioni precedenti. La sua azione mantiene costante il contenuto informativo della storia del sistema. A questo punto, lo stesso vale anche per gli agenti successivi: ciascuna loro azione amplia la storia del sistema ma non ne modifica più il contenuto informativo. Questo avviene sotto condizione che tutti gli agenti abbiano informazione ugualmente informativa o che coloro che hanno segnali più informativi siano all'inizio delle file di agenti. Avere un segnale più informativo significa ricevere un valore di probabilità più alto. BHW dimostrano che una cascata informativo del tipo descritto sopra è fragile, nel senso che un agente che abbia un segnale di qualità più elevata può interrompere la cascata. Con questo contributo essi correggono le prospettive offerte da Banerjee (sopra) e Scharfstein e Stein (sotto) in cui un processo imitativo è difficile da invertire.

### 3. Robustezza dei Fenomeni Imitativi<sup>14</sup> e Timing Strategico

Vi è un insieme di scelte di modellizzazione e di descrizione del contesto di scelta degli agenti che appare rilevante nel valutare i risultati della letteratura sull'herding.

In primo luogo, la natura del segnale ricevuto dagli agenti: a seconda che il segnale sia definito come una variabile continua o discreta, il suo contenuto informativo per l'agente che lo riceve è diverso; tuttavia, la continuità del segnale non sembra essere rilevante quando al segnale si accompagna una partizione dicotomica dell'insieme delle azioni. Che l'informazione venga aggregata in un segnale che può assumere un numero limitato di valori, oppure che venga aggregata in un numero limitato di azioni ha scarsa importanza dal punto di vista di chi osserva solo le azioni di altri giocatori; è, invece, rilevante la bipartizione dell'insieme delle possibili azioni<sup>15</sup>. Un insieme (discreto) di azioni porta gli agenti a non rivelare tutta la propria informazione e

---

<sup>14</sup> Si veda Gale (1996) e Bikchandani-Hirshleifer-Welch (1992).

<sup>15</sup> Si veda Lee (1993). Per un insieme continuo si veda Neeman – Orosel (1999).

contemporaneamente impedisce agli agenti di far uso di tutte le informazioni a loro disposizione<sup>16</sup>. Nel modello di Gale (1996) con insieme di azioni binario, osservare anche solo due scelte concordi porta già alla nascita di una cascata informativa. In maniera simmetrica, Bikchandani-Hirshleifer-Welch (1992, 1998) notano che una cascata è un fenomeno fragile, basta che gli agenti si rendano conto di poter essere in una cascata che già percepiranno come non informativa la storia non osservabile del gioco; così se introduciamo una possibilità di errore nella scelta dell'azione degli agenti o semplicemente deve scegliere un agente informato, che sceglie dopo che è stato commesso un errore (o dopo che ha scelto l'agente informato) può annullare la cascata se riceve un segnale uguale a quello dell'agente immediatamente precedente. Insomma, piccoli shock possono interrompere una cascata informativa. Come si vede qui è stata effettuata un'altra scelta di modellizzazione cruciale, quella di sequenzialità esogena delle scelte (e di esogeneità del timing delle scelte), e questa ipotesi è comune a larga parte della letteratura<sup>17</sup>; se gli agenti sanno che è possibile trovarsi in una cascata informativa preferiranno essere fra i primi piuttosto che fra gli ultimi decisori, tuttavia questo deve essere controbilanciato con i vantaggi che chi si trova ad osservare un maggior numero di decisori potrebbe avere osservando un più ampio insieme di scelte effettuate da altri agenti. L'ipotesi di sequenzialità viene esplicitamente abbandonata nel modello di Orléan (1995), tuttavia essa risulta caratterizzante in un'ampia classe di modelli.

Un secondo elemento importante nella modellistica sui fenomeni imitativi è quello del timing delle azioni degli agenti. Nell'ipotesi di sequenzialità dalle azioni, ipotesi comune alla gran parte della letteratura, rimane da determinare qual è il momento migliore per agire. Molti modelli assumono timing esogeno: ad ogni unità di tempo, è il turno di uno specifico giocatore. E' interessante, tuttavia, cercare di capire cosa succede quando i giocatori sono lasciati liberi di scegliere il momento opportuno per la loro azione. In tal caso possono decidere di agire nell'unità di tempo ipoteticamente assegnata o di ritardare l'azione. Sono state studiate due tipologie di modelli di interazione che possono condurre a scelte strategiche di ritardo. Vi sono modelli in cui l'informazione è basata su flussi informativi, e quindi il ritardo mira ad acquisire ulteriori informazioni in un processo di learning. Vi sono altri casi in cui la scelta di ritardo deriva da interazioni reali con dirette conseguenze sui payoff; il ritardo mira quindi ad acquisire un diretto vantaggio in termini di payoff. Esempi di ritardo endogeno possono essere legati a scelte di investimento o di produzione. Insomma, data l'ipotesi di sequenzialità, rilassiamo quella sul timing esogeno per vedere se l'endogeneità del timing dell'azione influisce sulle dinamiche di herding.

Si consideri il seguente esempio tratto da Gale (1996b), relativa alle scelte d'investimento ( $a_i = 0, 1$ ) di due agenti,  $i = 1, 2$ . Il payoff dell'investimento è  $\theta_1 + \theta_2$ , con  $\theta_i$  distribuito uniformemente su  $[1, 1]$ . Ciascun agente riceve un segnale  $\theta_i$ ; non conosce il segnale ricevuto dall'altro giocatore, ma può solo osservare le azioni. Il payoff dell'investimento è quindi dato dalla somma di una parte nota,  $\theta_i$ , ed una non

---

<sup>16</sup> Si veda Gale (1996), pag. 621.

<sup>17</sup> Si veda Banerjee (1992), Bikchandani-Hirshleifer-Welch (1992, 1998), Kandori-Maylath-Rob (1993), Peyton Young (1993), Gale (1996). Tuttavia, Orléan (1995) dimostra che l'ipotesi di sequenzialità non è necessaria perché si verifichino comportamenti imitativi.

nota. Il secondo giocatore osserva la mossa del primo, riceve un segnale  $\theta_2$ , e decide se investire o meno. Il primo giocatore investe se e solo se  $\theta_1 > 0$  dato che il payoff atteso è  $\theta_1 + E\theta_2 = \theta_1$ , essendo i  $\theta_i$  indipendenti. Quindi il payoff atteso ex ante è  $\frac{1}{4}$ , dato il payoff atteso condizionato ad investire ( $\frac{1}{2}$ ) e della probabilità di investire ( $\frac{1}{2}$ ). Il secondo giocatore può osservare solo le azioni del primo, non il segnale, e deve inferire il valore del segnale. Se il primo giocatore ha investito, l'altro giocatore deduce che  $\theta_1 > 0$ , e investe se e solo se  $\theta_2 + E(\theta_1/a=1) > 0$ . Poiché  $E(\theta_1/a=1) = \frac{1}{2}$ , il secondo giocatore investe se  $\theta_2 > -\frac{1}{2}$ . Quindi il payoff atteso per quest'ultimo, se il primo giocatore ha investito, è  $(\frac{3}{4}) * \frac{3}{4} = [\frac{1}{2} + E(\theta_2 > -\frac{1}{2})]E(\theta_2 > \frac{1}{2}) = 9/16$ . Se il primo non ha investito, è  $1/16$ . Quindi il secondo giocatore ha un vantaggio in termini di payoff se il primo investe e, inoltre, ha maggiore probabilità di investire. Nelle parole di Cooper (1999), il gioco ha sia esternalità positive che complementarità strategica. L'interesse in questo gioco sta nel fatto che c'è un vantaggio nell'essere secondi. Infatti, il payoff atteso del primo giocatore è  $\frac{1}{4}$  mentre quello del secondo è  $5/16$ . Se nessun giocatore viene forzato a scegliere per primo, vi è un incentivo che nasce in maniera endogena a ritardare le proprie scelte. Anche introducendo un "costo di ritardo", la sequenza di scelta degli agenti può essere tale che non si realizza nessun investimento anche se potrebbe essere vantaggioso per tutti: la presenza di complementarità in assenza di un meccanismo di coordinamento può condurre a risultati inefficienti. Chamley-Gale (1994) considerano una situazione con N giocatori con fattore di sconto comune  $\delta$ , tempo discreto e orizzonte infinito. N giocatori hanno la possibilità di investire, ma n è casuale. Un'ipotesi importante nel modello è che il rendimento dell'investimento è funzione crescente di n:  $V(n)$ . Ciascun osservatore deve inferire il valore realizzato di n osservando il comportamento degli altri. Gli autori dimostrano che esiste un unico equilibrio perfetto bayesiano, ma che in equilibrio alcuni o tutti i potenziali investitori investono o nessuno investe. Se in un periodo nessuno investe, non c'è alcuna nuova informazione e non ci saranno più investimenti: si verifica un crollo degli investimenti.

Un'altra possibile forma di interazione che ha rilevanza per il timing dell'azione è basata sul payoff piuttosto che sul flusso di informazioni<sup>18</sup>: può essere conveniente ritardare le proprie azioni per guadagnare dalle decisioni altrui. I modelli di Gale presentano varie forme di complementarità tecnologica nella produzione, per esempio la produttività degli agenti può aumentare in funzione del numero di agenti che contemporaneamente producono. Gale (1995) dimostra che al ridursi dell'unità di tempo, l'ammontare di ritardo diventa irrilevante in termini di periodi di inattività e tutti gli equilibri diventano pressoché efficienti. Inoltre, ritardi divengono più probabili all'aumentare del numero di giocatori.

Contrariamente a quanto visto nei paragrafi precedenti, in cui il fenomeno di herding dipende essenzialmente dai flussi informativi come nella gran parte della letteratura, nell'ultimo caso analizzato l'interazione fra le azioni degli agenti dipende dalla natura interdipendente dei payoff fra i vari agenti. Questa è una forma di herding meno analizzata, ma che a mio avviso presenta significativi spunti di interesse

---

<sup>18</sup> Si veda Gale (1995, 1996a) e Cooper (1999).

ampliando l'analisi dei comportamenti imitativi fino ad avere una parziale e naturale sovrapposizione con i giochi di coordinamento<sup>19</sup>.

Sulla convergenza di cascate informative verso equilibri di rivelazione sono fondamentali i risultati di Lee (1993) che dimostra che per insiemi discreti di possibili azioni esiste sempre una possibilità non nulla che una cascata informativa nel senso di BHW non sia di piena rivelazione; mentre, al contrario, un intervallo connesso che contiene azioni ottime per ogni stato è sufficiente a garantire la convergenza alla piena rivelazione<sup>20, 21</sup>. Se questo risultato è certamente interessante dal punto di vista teorico, Gale (96) nota che una convergenza asintotica è assimilabile in termini di benessere ad un valore economico ex ante dell'informazione praticamente nullo: una rivelazione molto lenta può rendere l'informazione irrilevante.

#### **4. Applicazione: Approccio Principale - Agente e Spiegazioni Comportamentali**

Abbiamo visto nel modello proposto da Banerjee (1992) un approccio molto generale al fenomeno imitativo; il caso proposto da Scharfstein e Stein (1990) di asimmetrie informative sul mercato del lavoro genera comportamenti imitativi sulla domanda di investimenti. Viene data una interpretazione di tipo principale-agente sul mercato del lavoro per gli amministratori (*manager*). Vi sono diversi tipi di agenti: schematicamente buoni e cattivi. Il principale - in questo caso il lato della domanda, cioè le imprese - deve riuscire ad identificare quei dirigenti appartenenti al gruppo di quelli buoni. Quindi, si instaura un gioco di segnalazione e di *mimicking*: i dirigenti buoni cercano di mettersi in evidenza rispetto a quelli cattivi, mentre questi ultimi cercano di imitare quelli buoni rendendo confuso il segnale di identificazione.

Secondo il tipo di segnale, le imprese aggiorneranno le proprie probabilità a priori sugli agenti e procederanno, quindi, alla selezione. Il segnale che gli agenti buoni cercano di mandare per differenziarsi è relativo agli investimenti. Scharfstein e Stein (1990) ipotizzano che i dirigenti vengano valutati sulla base di due criteri complementari: in primo luogo, sulla base della profittabilità dei loro investimenti; in secondo luogo, sulla base del grado di conformità del loro comportamento rispetto a quello degli altri. Il significato di questo secondo criterio di valutazione nasce dal fatto che gli amministratori possono ricevere due tipi di segnali sulla qualità di un investimento: i buoni amministratori ricevono segnali informativi, mentre gli altri manager ricevono segnali non informativi, ossia rumore. Ne segue che i buoni amministratori avranno un comportamento correlato. Ha, dunque, senso per il principale valutare un agente sulla

---

<sup>19</sup> Si veda Cooper (1999).

<sup>20</sup> Si veda Lee (1993), pag. 405.

<sup>21</sup> Occorre sottolineare che per Bikchandani-Hirshleifer-Welch (1992) una cascata informativa è definita come un evento in cui un agente compie la stessa azione per qualunque segnale privato, mentre Lee (1993) definisce una cascata informativa come la convergenza di una sequenza di azioni a sostiene che questa differenza è fondamentale per una efficiente aggregazione delle informazioni: una cascata informativa di piena rivelazione è la convergenza di una azione al limite, che è ottimo nello stato vero (Lee, pag. 397).

Le opinioni espresse sono quelle dell'autore e non rappresentano necessariamente quelle del Fondo Monetario Internazionale o alcuna sua policy. Ringrazio Stefano Bosi, Luigi Campiglio, Giorgio Rampa per le discussioni sull'argomento. Gli errori sono esclusivamente dell'autore.

base del grado di similarità del suo comportamento rispetto a quello degli altri. Infatti, data la stocasticità del valore degli investimenti, la sola indicazione data dalla scelta di investimenti profittevoli o meno non è sufficiente a distinguere un buon dirigente dagli altri: anche un buon manager potrebbe incorrere casualmente in una perdita o, viceversa, un cattivo manager realizzare un investimento redditizio. Appurato, quindi, che l'incertezza legata al valore degli investimenti rende il criterio della profittabilità degli investimenti insufficiente a discriminare tra diversi tipi di manager, si rende necessario un secondo criterio di selezione.

Vorrei concludere con l'analisi di Ehrbeck e Waldmann (EW) (1996) la linea di analisi cominciata con Scharfstein e Stein (1992) proponendo il loro modello di segnalazione per spiegare dinamiche imitative. L'aspetto interessante è il seguente: gli autori derivano dal loro modello un insieme di proposizioni empiricamente testabili; poi sulla base dei risultati delle analisi empiriche rigettano le conclusioni di perfetta razionalità caratteristiche di questa linea di letteratura presentatasopra per addentrarsi su modelli comportamentali.

L'analisi di EW si concentra sull'interazione tra agenti specializzati che agiscono da previsori e i loro clienti. Ci troviamo in un contesto di tipo principale-agente, in cui i clienti sono i principali che devono cercare dei previsori affidabili, gli agenti sono i previsori, ma gli agenti sono di diversa qualità. E' un tipico caso di qualità nascosta in cui il principale cerca di scoprire il tipo di agente sulla base delle sue previsioni; a sua volta l'agente di qualità inferiore cercherà di imitare (*mimick*) il pattern di previsioni degli agenti migliori, disturbando quindi il segnale ricevuto dai clienti, al fine di essere scambiati per buoni previsori.

I previsori dovranno bilanciare due esigenze: in primo luogo, di fare delle previsioni giuste; in secondo luogo, di avvicinare le loro previsioni a quelle dei migliori previsori. Questa seconda esigenza configura una sequenza di previsioni sulla realizzazione futura di variabili in cui il cattivo previsore effettua "piccoli" spostamenti rispetto alla previsione iniziale dando così l'impressione di alta affidabilità della previsione iniziale. Quindi si realizza un bias di ogni nuova decisione verso quella precedente. Questa è la prima proposizione empiricamente testabile dell'analisi di EW. La seconda è relativa all'ampiezza degli errori di previsione. Il modello di *cheating* razionale a cui gli autori fanno riferimento prevede che, in una sequenza di previsioni biased, forti variazioni nelle previsioni siano accompagnate da piccoli errori di previsione, e ciò accade in quanto forti cambiamenti nel pattern previsivo, che aumentano la probabilità di essere individuati come previsori di cattiva qualità, devono essere accompagnati da un guadagno in termini di ragionevole certezza nel miglioramento della previsione. L'ipotesi sottostante a questa analisi è quella di aspettative razionali degli agenti. Quindi, EW sottopongono a test l'ipotesi congiunta di aspettative razionali e di previsione biased e trovano che entrambe vengono rifiutate. Allo stesso risultato si giunge per la seconda implicazione del modello relativa all'ampiezza degli errori di previsione: l'analisi empirica presentata da EW<sup>22</sup> mostra che i cambiamenti di previsione sono positivamente correlati con gli errori di previsione. Questo indica il segnale opposto rispetto a quello previsto nel modello di EW, nel senso che all'errore di previsione si aggiunge il segnale di un cattivo previsore. Il rigetto di

---

<sup>22</sup> Si veda Ehrbeck e Waldmann (1996), tabella II, pag. 34.

entrambe le implicazioni del modello e in particolare la prima mette in rilievo che non è solo un problema di rifiuto di questo specifico modello di comportamento strategico, ma dell'idea di una razionalità così sofisticata da parte degli operatori. Una alternativa all'ipotesi di aspettative razionali è basata su modelli comportamentali in cui gli operatori sovrareagiscono alle nuove informazioni in maniera coerente con i risultati empirici ottenuti da EW. Inoltre, gli autori mostrano come l'ipotesi di utilizzazione razionale delle informazioni sia rigettata e sia, invece, accolta, l'alternativa comportamentale basata su un eccesso di fiducia. Dall'analisi di EW si evince il rigetto dell'ipotesi di piena razionalità (così come definita dai teorici delle aspettative razionali) e una certa apertura verso diverse modellizzazioni dei comportamenti degli agenti. Abbandonare l'ipotesi di piena razionalità apre un insieme di problemi e di metodologie estremamente ricche di spunti di ricerca, legati sia ad un diverso approccio alla modellizzazione dei comportamenti individuali che ad una diversa visione dei rapporti fra agenti individuali e sistema; questi concetti vengono sviluppati nella teoria dell'autorganizzazione, per la quale si rimanda ad Haken (1978, 1988).

## 5. Selezione degli Equilibri e Comportamenti Imitativi

I lavori di Kandori-Maylath-Rob (1993) e Peyton Young (1993) sono di interesse per la presente analisi in quanto esaminano il ruolo dei comportamenti imitativi nel problema della selezione degli equilibri.

Entrambi usano un approccio a razionalità limitata per proporre una teoria della selezione degli equilibri. Il contributo di Peyton Young (1993) è relativo all'evoluzione di "convenzioni", definite come un "equilibrio che tutti si aspettano"<sup>23</sup>; il modo in cui l'equilibrio viene selezionato deriva dalla presenza di feedback che le scelte passate degli altri agenti hanno sul set informativo di chi si trova a scegliere dopo. Infatti, il set informativo di ciascun agente contiene solo un campione (non l'intera storia) di scelte precedenti, poiché ottenere informazioni è costoso<sup>24</sup>. C'è quindi informazione limitata; questa informazione tende ad essere relativa a scelte recenti. Inoltre, gli agenti non sempre ottimizzano: I giocatori sperimentano diverse strategie osservando quelle giocate da altri in varie fasi del gioco; questo elemento di razionalità limitata introduce un elemento di casualità (randomness) a livello di singoli agenti. Questi due aspetti insieme (incompletezza informativa e sperimentazione) permettono a questo "gioco adattivo" di convergere verso alcune tipologie di equilibri.

Se il gioco incorpora solo informazione limitata, ma non sperimentazione, allora esistono delle classi di giochi per le quali esiste un equilibrio stretto di Nash in strategie pure e questo equilibrio viene raggiunto come stato assorbente. Come si è detto, tale risultato non vale in generale, ma per un insieme che include anche giochi di coordinamento e di interesse comune. Un sufficiente grado di incompletezza nella conoscenza del gioco permette di raggiungere un equilibrio di Nash e di abbandonare equilibri inferiori, dato che situazioni passate di mancato coordinamento possono essere dimenticate.

---

<sup>23</sup> Si veda Peyton Young (1993), pag. 57.

<sup>24</sup> Si veda Kandori-Maylath-Rob (1993).

Introdurre possibilità di sperimentazione (o “mutazioni” nel linguaggio di KMR) o errori modifica lo stato degli equilibri: non vi sono più stati assorbenti, ma distribuzioni stazionarie di probabilità degli stati del sistema, con maggiore massa di probabilità concentrata su un sottinsieme di equilibri di Nash del gioco<sup>25</sup>. Da questo punto di vista un equilibrio definito come una combinazione strategica nella quale un gioco si ritrova per un periodo di tempo maggiore che per altre combinazione di strategie assomiglia alla definizione di equilibrio (inteso come distribuzione stazionaria di probabilità) ottenuta con la Master Equation<sup>26</sup>. Le aree con alta densità di probabilità sono definite “equilibri stocasticamente stabili”. Quest’ultimo concetto differisce da quello di “strategie evolutive stabili”<sup>27</sup>, poiché quest’ultima viene ri-adottata dopo uno shock istantaneo al sistema, mentre una distribuzione stocasticamente stabile è quella che si forma continuamente quando il sistema è sottoposto a continui piccoli shock<sup>28</sup>.

Questo concetto di equilibrio è anche quello usato da KMR (93) nel loro articolo sui processi selezione degli equilibri con processi di apprendimento evolutivi in giochi 2x2 simmetrici. KMR descrivono un gioco in cui ciascun giocatore gioca in ogni periodo contro tutti gli altri; strategie di successo sono adottate più frequentemente delle altre e di tanto in tanto gli agenti commettono degli errori. Gli autori sottolineano l’interazione fra tre fattori: l’inerzia, che genera rigidità così che non tutti gli agenti riottimizzano in ogni periodo; la miopia, che genera l’incapacità di prevedere le conseguenze strategiche delle proprie azioni quando gli agenti non riottimizzano, tale miopia è descritta come risposta ottima alle azioni correnti degli altri giocatori; l’imitazione, che permette di compiere “errori” e la possibilità di allontanarsi da certi equilibri in strategie pure del gioco. In sostanza, il non giocare una risposta ottima introduce un elemento di disturbo casuale nella dinamica del sistema che permette di allontanarsi da ciascun singolo equilibrio, ma di realizzare un’unica distribuzione di probabilità delle azioni.

Si consideri il seguente esempio<sup>29</sup>: sono dati  $N$  (pari) giocatori, accoppiati in ogni periodo in maniera casuale per giocare un gioco di coordinamento; con probabilità  $\delta$  un giocatore può modificare la propria strategia, altrimenti gioca la strategia del periodo precedente (inerzia). Se un giocatore cambia strategia, lo fa guardando a quelle giocate nel passato ( non a quelle correnti, né a quelle future), e ciò deriva dall’ipotesi di miopia; infine, con probabilità  $m$  si commette un “errore” (mutazione), cioè si cambia strategia. L’interazione di questi tre fattori produce un profilo di strategie  $p_t$  in ogni periodo, dove  $p_t$  indica la frazione di giocatori che sceglie un’azione (su due possibili).  $P_t$  è un processo stocastico che riflette la natura probabilistica del processo di aggiustamento ( $\delta$ ) e di mutazione ( $m$ ).

KMR mostrano che il processo stocastico generato dagli errori permette al sistema di selezionare l’equilibrio di Nash “risk dominant”. Tuttavia, Peyton Young (1993) mostra che questo risultato viene meno quando esistono più di due strategie. La

---

<sup>25</sup> Questo vale in giochi 2x2, ma “in general n-person games, adaptive play need not converge” (Peyton Young, 1993, pag. 59).

<sup>26</sup> Si veda la seconda parte del presente lavoro.

<sup>27</sup> Si veda Weibull (1995).

<sup>28</sup> Si veda Peyton Young (1993), pag. 60.

<sup>29</sup> Si veda Cooper (1999), pag. 15.

differenza con equilibri stocasticamente stabili sta nel fatto che la dominanza al rischio seleziona l'equilibrio cui è possibile arrivare partendo da qualunque altro equilibrio, mentre la stabilità stocastica seleziona l'equilibrio cui è più facile arrivare partendo da qualunque altro stato – di equilibrio o disequilibrio – del sistema.

Come si ricollegano questi contributi alla letteratura sui comportamenti imitativi? KMR lo fanno esplicitamente definendo ed interpretando le 3 ipotesi che stanno alla base del loro modello a razionalità limitata con apprendimento<sup>30</sup>. Le tre ipotesi sono quelle di inerzia, miopia e mutazione (cambiamento casuale di strategie). L'ipotesi di inerzia viene giustificata da costi di aggiustamento, conseguentemente solo parte degli agenti cambierà strategia ad ogni dato istante e quindi strategie vantaggiose oggi possono continuare ad esserlo anche nel futuro. A questo punto diventa vantaggioso anche imitare le strategie altrui: se calcolare risposte ottime è costoso o complicato, può essere giustificato osservare ed imitare la strategie altrui. Una delle possibili interpretazioni offerte per il loro modello da KMR consiste proprio nel fatto che i giocatori non sono in grado di calcolare risposte ottime e quindi osservano le strategie altrui adottando quella che appare di maggior successo. In questo contesto imitare fa parte del processo di apprendimento<sup>31</sup>, mentre qualunque forma di apprendimento è esclusa nell'analisi di Peyton Young (1993), nella quale ogni agente conosce solo un campione di azioni precedenti e su quel campione calcola la risposta ottima. Ogni agente gioca una sola volta e viene subito sostituito da un altro, il che esclude ogni idea di apprendimento<sup>32</sup>. L'idea di comportamenti imitativi nel lavoro di Peyton Young (1993) è ancora più sfumato, se possibile, che in quello di KMR e certamente non è il centro della loro analisi: quest'ultimo sta, infatti, nella selezione degli equilibri; dinamiche imitative vengono considerate come possibili elementi del meccanismo di selezione.

## 6. Sistemi Autoreferenti ed Eteroreferenti

Ad un livello differente da quello proposto dalla letteratura presentata sopra si pone, a mio avviso, un secondo approccio analitico proposto da Orléan (1989) ed altri autori. Come abbiamo avuto modo di sottolineare in precedenza il fenomeno imitativo può avere alle sue origini una qualche asimmetria informativa affrontabile in alcuni casi in un contesto principale-agente. Tuttavia, il presupposto fondamentale di tale approccio è che ci siano alcuni agenti privi di informazioni essenziali sulle caratteristiche del sistema o di sue componenti ed altri che ne sono in possesso; ma gli stati di equilibrio finale non dipendono dalla distribuzione delle informazioni del sistema: il risultato economico viene influenzato esclusivamente nelle sue dinamiche transitorie, la struttura del sistema risulta invece data, così come gli equilibri finali. Nell'esempio di Banerjee, ciò significa che anche se la gran parte degli agenti sceglierà la localizzazione di qualità inferiore, la localizzazione di più alta qualità non cambia, cioè

---

<sup>30</sup> Si veda Kandori–Maylath–Rob (1993), pag. 30.

<sup>31</sup> Contrariamente a quanto accade in Bikchandani–Hirshleifer–Welch (1992) dove l'inizio di una cascata informativa determina l'interrompersi del processo di apprendimento; si veda anche il commento di Avery–Zemsky (1998), pag. 725.

<sup>32</sup> Si veda Peyton Young (1993), pag. 59.

Le opinioni espresse sono quelle dell'autore e non rappresentano necessariamente quelle del Fondo Monetario Internazionale o alcuna sua policy. Ringrazio Stefano Bosi, Luigi Campiglio, Giorgio Rampa per le discussioni sull'argomento. Gli errori sono esclusivamente dell'autore.

non si modifica la distribuzione di qualità del sistema. Orléan classifica questo tipo di sistemi come “eteroreferenti”, cioè tali che gli agenti devono solo cercare di capirne la struttura ed il funzionamento, ma non possono influenzare né l’una né l’altro. Quindi gli equilibri di *first best* e, se ve ne sono, di *second best*, sono dati. Obiettivo degli agenti resta quello di raggiungere un equilibrio e, possibilmente, il migliore. Il fenomeno di *herding* a cui Orléan fa riferimento è, invece legato al concetto di sistemi “autoreferenti”, in cui gli agenti economici cercano di capire il sistema e di operare su di esso, ma così facendo lo modificano. In questo senso, il precedente problema di asimmetria informativa può anche essere presente, ma non caratterizza più il fenomeno in questione, perché in un sistema autoreferente vi è incertezza sulle informazioni stesse in possesso degli agenti, nel senso che le loro informazioni possono includere l’analisi dei comportamenti degli altri agenti perché questo modifica il sistema e, a sua volta, le informazioni degli agenti. Non basta più parlare di equilibrio, ma occorre definire diversi tipi di equilibrio in funzione del comportamento degli altri agenti, i quali diventano essi stessi oggetto d’analisi, come mostra l’evidenza empirica disponibile per i mercati valutari<sup>33</sup>, in cui l’analisi degli andamenti di mercato viene pesantemente influenzata dall’aspettativa su come gli altri agenti vedono il comportamento degli operatori del mercato. Gli equilibri del sistema diventano essi stessi funzione dei comportamenti degli agenti e modifiche di tali comportamenti determinano la comparsa o la scomparsa di equilibri. Più specificamente, il comportamento imitativo può portare a diversi tipi di soluzioni finali in cui diversi tipi di comportamenti sono ammissibili e di equilibrio, oppure a situazioni in cui un unico tipo di comportamento prevale. In quest’ultimo caso non c’è più bisogno di imitarsi reciprocamente; è sufficiente ripetere i comportamenti precedenti; si è stabilita una convenzione. Orléan chiama questo fenomeno “morfogenesi”.

## 6.1. Bolle Speculative e Convenzioni

Dopo aver introdotto i concetti fondamentali di sistema autoreferente e sistema eteroreferente descritti in precedenza, Orléan presenta un modello formale di contagio che dà luogo a fenomeni imitativi. Occorre però sottolineare che con l’analisi di Orléan l’approccio all’*herding* si modifica radicalmente. Tale riguarda sia i diversi strumenti analitici usati che il diverso quadro di definizione del concetto di razionalità. Per quanto riguarda gli strumenti, parte della letteratura che analizzeremo - a partire dal caso presente - fa riferimento alla costruzione di processi risultanti da meccanismi di scelta strategica o da influenze di alcune sottoparti del sistema su altre (nel caso specifico, di un agente o di un gruppo su un altro). Lo stesso quadro concettuale neoclassico di razionalità si modifica, nel senso che in un sistema autoreferente gli agenti devono tener conto delle scelte altrui al fine di poter determinare certe variabili endogene; ma tale processo instaura una retroazione che rende molto più complessa la determinazione qualitativa e quantitativa degli equilibri. In particolare, qui ci troviamo in un contesto diverso rispetto a quello analizzato da Banerjee (1992) e da Scharfstein e

---

<sup>33</sup> Si veda Goodhart (1988) e Frankel – Froot (1986, 1987a,b, 1989, 1990a,b,c) e De Grauwe e altri (1993).

Le opinioni espresse sono quelle dell’autore e non rappresentano necessariamente quelle del Fondo Monetario Internazionale o alcuna sua policy. Ringrazio Stefano Bosi, Luigi Campiglio, Giorgio Rampa per le discussioni sull’argomento. Gli errori sono esclusivamente dell’autore.

Stein (1990). Infatti, in quei casi ci trovavamo in sistemi che dobbiamo classificare come eteroreferenti con asimmetrie informative. Nel modello di Banerjee, infatti, la qualità delle località da visitare è fissata esogenamente, così come è esogenamente fissato il tipo di manager descritto in Scharfstein e Stein. Le asimmetrie informative presenti in quelle situazioni possono generare dei risultati inefficienti in senso paretiano, ma non possono alterare la qualità di un luogo o di un manager.

La situazione è diversa per sistemi autoreferenti, poiché qui gli equilibri del sistema possono mutare in relazione ai diversi comportamenti degli agenti e tanto più incerti sono tali equilibri, tanto più è sensato per un agente porre in essere un comportamento imitativo, in quanto l'equilibrio finale dipenderà proprio dal comportamento degli altri. Inoltre, se acquisire informazioni è costoso, imitare è un modo indiretto per fare la scelta giudicata dagli altri più vantaggiosa senza dover sostenere i costi di acquisizione delle informazioni. Tuttavia, se chi è imitato agisce a sua volta in condizioni di informazione limitata, l'informazione derivante dall'imitazione potrebbe essere irrilevante o fuorviante. Per dirla con Grossman (1976, 1977), ciascuno segue i prezzi, mentre questi non contengono più alcuna informazione.

Analizziamo il modello di imitazione proposto da Orléan. Si consideri una popolazione di  $N$  agenti denotati con  $i$  per  $1 < i < N$ ; ciascun agente ha una opinione relativamente ad una variabile in considerazione: si indichi tale opinione dell'agente  $i$ -esimo al tempo  $t$  con  $s(i, t)$ . Tale agente che ad un certo tempo  $t$  avrà una certa opinione  $s$ , la modificherà con una certa probabilità, osservando quella di un altro agente, cioè l'agente  $i$ -esimo passerà dall'opinione  $s(i, t)$  alla opinione  $s(i, t+1)$ , corrispondente alla opinione dell'agente  $j$ -esimo al tempo  $t$ ,  $s(j, t)$ . Tale transizione avviene con probabilità

$$(6.1) \quad p(i) = \{p(i, j) / j = 1, \dots, N\} \quad \text{con} \quad \sum p(i, j) = 1, \quad \forall j$$

dove  $p(i, j)$  indica la probabilità che l'agente  $i$ -esimo imiti l'agente  $j$ -esimo, cioè cambi opinione. Si determina così una matrice di transizione di Markov,  $P$ . Ciascun elemento  $p(i, j)$  della matrice  $P$  indica una misura di influenza di un elemento sugli altri, e rappresenta un processo di diffusione a coefficienti fissi<sup>34</sup>. Chiaramente  $p(i, i) = 1$  indica un agente che non è influenzato da nessun altro, ma che può influenzare altri, se le corrispondenti probabilità di transizione sono non nulle. Specularmente  $p(i, j) = 0$  indica che l'agente  $i$ -esimo non adotta una strategia di imitazione e quindi mantiene le proprie opinioni. Il modello può, quindi, descrivere situazioni di eterogeneità fra gli agenti dove non solo varia il grado di interdipendenza fra di essi, ma si possono avere agenti che non seguono strategie imitative. Nel tempo vi sarà una evoluzione del vettore delle opinioni

---

<sup>34</sup> Si veda Murray (1993) cap. 9.

$$(6.2) \quad s(t) = \begin{pmatrix} s(1, t) \\ s(2, t) \\ \vdots \\ s(N, t) \end{pmatrix}.$$

Sotto certe condizioni legate alla matrice  $P$ , la popolazione di agenti può convergere all'unanimità su una opinione  $s(j, 0)$ . La probabilità che questo avvenga è detta potenza di  $j$ . Una volta che l'unanimità è stabilita, essa si riproduce da sola, senza più fare riferimento al processo imitativo: si è generata una "convenzione" con un processo di morfogenesi<sup>35</sup>. La condizione essenziale che viene richiesta è che il grafo associato alla matrice  $P$  sia "irriducibile", cioè che vi sia effettiva interdipendenza tra gli elementi del sistema. Questo significa, per esempio, che non vi debbano essere troppi elementi nulli in  $P$ , in modo tale che per ogni  $i$  e per ogni  $j$  esista un sentiero attraverso cui gli elementi del sistema possano influenzarsi reciprocamente. Ciò richiede che il prodotto delle probabilità dei segmenti del grafo che connette due agenti sia positivo:

$$(6.3) \quad p(i, i_1) p(i_1, i_2) \dots p(i_k, j) > 0.$$

In caso contrario vi sarà un agente o un gruppo che non viene influenzato dagli altri. In tal caso, un equilibrio può realizzarsi solo se gli altri pervengono allo stato, cioè all'opinione, del gruppo non influenzato.

E' possibile modificare la regola di aggiornamento dell'opinione dell'agente  $i$ -esimo, in maniera da renderla più simile ad un aggiornamento bayesiano: si ipotizzi, dunque, che l'opinione dell'agente  $i$ -esimo al tempo  $t+1$  sia formata da una media ponderata delle proprie valutazioni e di quelle altrui, dove ciascuna opinione ponderata con le probabilità di transizione dell'agente  $i$ -esimo verso quella opinione:

$$(6.4) \quad s(i, t+1) = p(i, i) s(i, t) + \sum_j p(i, j) s(j, t) \quad \text{da cui} \quad s(t+1) = s(t) P.$$

Si può dimostrare che, sotto certe condizioni, esiste un vettore di aspettative,  $s(e)$  di equilibrio che corrispondono all'unanimità. Abbiamo detto sopra che, affinché si realizzi l'unanimità, la matrice  $P$  deve essere irriducibile. Ma cosa avviene se tale condizione non è verificata? In tal caso, è ammissibile una diversità di opinioni. Questo passaggio da una situazione di unanimità da imitazione ad un equilibrio con una pluralità di opinioni è reso interessante endogenizzando  $p(i, i)$ , la probabilità che l'agente  $i$ -esimo mantenga la propria opinione, sulla base del comportamento altrui.

Una delle caratteristiche più interessanti dei fenomeni di *herding* è che sono cumulativi, cioè tanto maggiore è il numero di agenti che compie una determinata azione, quanto più alta è la probabilità che un agente faccia la stessa scelta fatta dagli altri. Ora, proprio a questo fenomeno di convergenza di opinioni si fa risalire l'idea di una bolla speculativa: la riduzione di diversità d'opinione rende più probabile che gli effetti

---

<sup>35</sup> Si veda Thom (1989).

della azione congiunta di larga parte degli agenti su un'unica variabile abbia un effetto rilevante e induca eccessiva volatilità.

A questo punto introduciamo il modello di Orléan con diversità d'opinioni, che si basa su idee presentate da Arthur, Ermoliev e Kaniovsky (1984). Si ipotizzi che gli agenti cerchino di prevedere la realizzazione di una variabile casuale  $V$  che può assumere valori  $i \in [1, k]$ . Sia dato un vettore iniziale di previsioni, che dipende sia dalle informazioni dei singoli agenti che dall'opinione comune osservata,  $Y_0 = (Y_1(0), Y_2(0), \dots, Y_k(0))$ , adottato dagli agenti al tempo  $t = 0$ .  $Y_i(0)$  indica il numero di individui che hanno scelto la previsione  $i$  al tempo  $t = 0$ . Il numero di agenti che al tempo  $t = 0$  ha già scelto è pari a  $w = \sum Y_i(0)$ . Il momento  $t$  corrisponde alla scelta di un agente. Il vettore  $Y_t$  corrisponde alla scelta di  $w+t$  agenti, esprimibile come proporzione  $X_t = Y_t / (w+t)$ ; il vettore  $X_t$  ha associata una varianza (che rispecchia la diversità d'opinioni)  $\Gamma(t)$ . Punto fondamentale è che l'individuo  $(t+1)$ -esimo ha una probabilità di adottare l'opinione  $j$  che dipende da  $X_t$ , pari a  $p(j, X_t)$ . La dinamica di  $Y_{t+1}$  è

$$(6.5) \quad Y_{t+1} = Y_t + b(X_t)$$

dove  $b$  è il  $j$ -esimo vettore unitario con probabilità  $p(j, X_t)$  pari a

$$(6.6) \quad b = \begin{pmatrix} 1 & \cdot & \cdot & 0 \\ \cdot & 1 & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & \cdot & \cdot & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} p(1, X_t) \\ p(2, X_t) \\ \cdot \\ p(k, X_t) \end{pmatrix},$$

per cui la dinamica delle proporzioni di opinioni segue la seguente legge:

$$(6.7) \quad X_{t+1} = X_t + [b(X_t) - X_t] / (w + t + 1).$$

Si definisca la variabile casuale  $\vartheta(X_t) = b(X_t) - p(X_t)$  e si chiami  $p(X_t)$  funzione di allocazione possiamo scrivere la legge di moto per  $X$ :

$$(6.8) \quad X_{t+1} = X_t + [p(X_t) - X_t] / (w + t + 1) + \vartheta(X_t) / (w + t + 1),$$

la funzione di allocazione  $p(X_t)$  mappa il semplice unitario  $S^k$  delle proporzioni nel semplice unitario delle probabilità. Essendo nullo il valore atteso di  $\vartheta(X_t)$  condizionato ad  $X_t$ , possiamo scrivere

$$(6.9) \quad E(X_{t+1} / X_t) = X_t + [p(X_t) - X_t] / (w + t + 1)$$

che corrisponde al seguente processo deterministico

$$(6.10) \quad X_{t+1} = X_t + [p(X_t) - X_t] / (w + t + 1).$$

Le opinioni espresse sono quelle dell'autore e non rappresentano necessariamente quelle del Fondo Monetario Internazionale o alcuna sua policy. Ringrazio Stefano Bosi, Luigi Campiglio, Giorgio Rampa per le discussioni sull'argomento. Gli errori sono esclusivamente dell'autore.

Si dimostra che  $X_t$  converge con probabilità 1 ad un punto  $x$  nell'insieme dei punti fissi di  $p$  dato da:

$$B = \{x \in S^k / p(x) = x\}$$

che sono equilibri stabili o instabili<sup>36</sup>.

Al fine di chiarire l'importanza della precedente impostazione teorica, procediamo con un esempio di valutazione di portafoglio ai mercati finanziari. Si consideri una attività finanziaria che può assumere 3 valori  $a, b, c$ :

$$a = b - \delta, \quad b < 1/2, \quad c = b + \delta,$$

con probabilità  $p_a, p_b, p_c$  pari a  $p_a = p_c = p, \quad p_b = 1 - 2p$ .

Gli agenti non sanno in che proporzione ciascun valore di  $V$  è rappresentato rispetto agli altri, ma cercheranno di associare una probabilità a ciascun valore. Se gli agenti effettuassero delle previsioni indipendenti, la funzione di probabilità sarebbe indipendente da  $X_t$  e di valore  $p = (p_a, p_b, p_c)$ . Per la legge dei grandi numeri il valore atteso delle proporzioni eguaglierebbe le proporzioni effettive, per cui risulterebbe  $p = x$ . Questa conclusione è appunto valida nel caso di estrazioni bernoulliane, cioè indipendenti l'una dall'altra. Ma in un approccio bayesiano all'apprendimento, gli agenti sanno che il comportamento individuale influenza l'andamento della variabile  $e$ , quindi, deve tenere il comportamento altrui in considerazione: ciascun agente sa che in qualunque momento egli volesse liquidare il proprio portafoglio, dovrebbe tener conto non solo della propria previsione, ma anche di quale effetto può aver avuto la presenza di altri agenti, cioè deve cercare di prevedere il comportamento di altri operatori per poter valutare il rischio legato alle fluttuazioni di portafoglio. Tale rischio è proporzionale a  $(p^a - p_m)^2$ , cioè al quadrato della differenza tra la valutazione fatta inizialmente dall'investitore ( $p^a$ , che rappresenta l'aspettativa di prezzo fatta dall'investitore nello scegliere il proprio portafoglio) e il valore generato dalla opinione media degli altri investitori ( $p_m$ ). Questo rischio è funzione dei vari possibili valori di  $V$ ; il valor medio e la varianza di  $V$  sono pari a:

$$(6.11) \quad E(V) = p(b - \delta) + (1 - 2p)b + p(b + \delta) = b$$

$$(6.12) \quad \text{Var}(V) = \sum_i p_i (V - E(V))^2 = \\ = p(b - \delta - b)^2 + (1 - 2p)(b - b)^2 + p(b + \delta - b)^2 = p\delta^2 + p\delta^2 = 2p\delta^2,$$

mentre l'indice di rischio è pari a

$$(6.13) \quad r(i, X) = [i - \sum_i (iX_i)] = [i - (aX_a(t) + bX_b(t) + cX_c(t))]^2 \quad \text{per } i = a, b, c,$$

che è una misura dello scostamento del valore del titolo dalla stima del valor medio. L'agente sceglierà il valore di  $j$  in modo tale da minimizzare il rischio

---

<sup>36</sup> Si veda Arthur e altri (1984).

$$(6.14) \quad p(j, X / i) = |j - i| + \mu r(j, X),$$

dove  $i$  è una informazione in possesso dell'agente e  $\mu$  rappresenta un parametro di avversione al rischio. Avendo calcolato i valori di  $r(i, X_i)$ , li possiamo sostituire in  $p(j, X / i)$  e trovare i valori di probabilità (che minimizza il rischio) avendo l'agente avuto l'informazione che, per esempio,  $i = a$ :

$$(6.15) \quad \begin{aligned} p(a, X_t / a) &= \mu \delta^2 [1 + u(t)]^2 \\ p(b, X_2 / a) &= \delta + \mu \delta u(t)^2 \\ p(c, X_2 / a) &= 2\delta + \mu \delta^2 [1 - u(t)]^2. \end{aligned}$$

dove  $u(t) = X_c(t) - X_a(t)$ . Orléan dimostra che esiste una molteplicità di equilibri in relazione ai possibili valori di  $\mu\delta$ . Per bassi valori di  $\mu\delta$ , si avrà un equilibrio N corrispondente ad assenza di bolle speculative  $E(B) = E(x) - E(V)$  e diversità di opinioni pari alla varianza di  $V$ ,  $\Gamma(x)$ :

$$(6.16) \quad N: \quad x = (p_a, p_b, p_c), \quad E(x) = b, \quad E(B) = 0, \quad \Gamma(x) = 2p\delta^2,$$

dove  $E(x)$  rappresenta la opinione media. E' importante notare come alla massima diversificazione delle opinioni corrisponda l'assenza di bolle speculative. All'aumentare di  $\mu\delta$ , appaiono altri equilibri,  $S_1$  ed  $S_2$ , caratterizzati da minore varianza di opinioni; inoltre, cominciano ad apparire delle piccole bolle e scompare il primo equilibrio:

$$(6.17) \quad \begin{aligned} S_1: \quad x &= (p_a, p_b + p_c, 0), & E(x) &= b - p\delta, & E(B) &= -p\delta, & \Gamma(x) &= p(1-p) \delta^2, \\ S_2: \quad x &= (0, p_a + p_b, p_c), & E(x) &= b + p\delta, & E(B) &= +p\delta, & \Gamma(x) &= p(1-p) \delta^2. \end{aligned}$$

questo secondo gruppo di equilibri è caratterizzato da una moderata quantità di attività imitativa, cui corrisponde una minore varianza dovuta alla concentrazione di opinioni. Aumentando ulteriormente  $\mu\delta$ , avremo equilibri -  $B_a$ ,  $B_b$  e  $B_c$  - caratterizzati da situazioni di unanimità e forti bolle speculative:

$$(6.18) \quad \begin{aligned} B_a: \quad x &= (1, 0, 0), & E(x) &= a, & E(B) &= -\delta, & \Gamma(x) &= 0, \\ B_b: \quad x &= (0, 1, 0), & E(x) &= b, & E(B) &= 0, & \Gamma(x) &= 0, \\ B_c: \quad x &= (0, 0, 1), & E(x) &= c, & E(B) &= +\delta, & \Gamma(x) &= 0, \end{aligned}$$

Questo tipo di situazione coincide con il minimo livello di dispersione delle opinioni e può condurre ad ampie bolle speculative: tranne nel caso  $B_b$ , una diminuzione della diversità si accompagna ad un aumento delle dimensioni delle bolle e questo fenomeno è generato del comportamento imitativo. Ciò accade per alti valori di avversione al rischio: questo risultato è interessante perché si collega Oswald (1992) in cui il fenomeno imitativo è ricondotto all'approccio neoclassico di ottimizzazione, dove gli agenti massimizzano anche rispetto al loro *status sociale relativo*.

Le opinioni espresse sono quelle dell'autore e non rappresentano necessariamente quelle del Fondo Monetario Internazionale o alcuna sua policy. Ringrazio Stefano Bosi, Luigi Campiglio, Giorgio Rampa per le discussioni sull'argomento. Gli errori sono esclusivamente dell'autore.

L'analisi di Orléan ha, dunque, posto in rilievo il ruolo dell'attività imitativa in sistemi autoreferenti: agenti che agiscono in situazioni di informazione incompleta e consci di ciò pongono in atto dei processi di apprendimento, che a loro volta interagiscono col sistema, modificandolo. Vi è una forte dimensione autorganizzativa in tale processo, nel senso che l'azione congiunta degli agenti crea diverse tipologie di equilibri che corrispondono ad una diversa morfologia del sistema, in particolare la convergenza all'unanimità segna la nascita di una convenzione: il processo imitativo può portare ad un annullamento della diversità di opinioni e dar luogo, nel caso di mercati finanziari, ad una bolla speculativa. Nel caso di unanimità, una bolla speculativa segna la nascita di una convenzione, cioè di una forma di accordo collettivo che, seppur generato dal processo imitativo, cessa di aver bisogno di quest'ultimo una volta instaurata - una convenzione è descritta da un comportamento standardizzato in cui non vi è alcun motivo per gli agenti di continuare ad imitare, visto che non vi è alcun motivo per aspettarsi alcuna deviazione.

## 6.2. Bolle Speculative e Master Equation: Introduzione

Abbiamo visto come l'analisi di Orléan sui sistemi autoreferenti ed eteroreferenti modifichi il concetto di equilibrio tipico della letteratura tradizionale. La successiva analisi di Topol (1991) è un contributo iniziale a questa letteratura, in cui i comportamenti individuali vengono descritti e poi aggregati con una metodologia tipica della meccanica statistica<sup>37</sup>. Topol (1991) descrive gli effetti di un processo di contagio sul prezzo di mercato di una attività finanziaria e come possano sorgere bolle speculative. Una volta abbandonata l'ipotesi di perfetta conoscenza del sistema dentro il quale gli agenti operano, Topol afferma che il calcolo del valore attuale d'una attività finanziaria basata su un insieme informativo incompleto corrisponde ad un comportamento a razionalità limitata; peraltro, proprio la incompletezza del sistema informativo crea un incentivo per ciascun agente ad osservare i comportamenti altrui.

Fino a questo punto l'analisi è concettualmente analoga a quella, quasi contemporanea, di Banerjee (1992); tuttavia, le differenze cominciano a profilarsi a partire da questo punto. Infatti, in Banerjee (1992) le possibili conclusioni del processo di *herding*, cioè i possibili equilibri finali, sono noti a priori e si possono classificare in ottimali e sub-ottimali *ex ante*. La situazione nell'analisi di Topol (1991) e Orléan (1989) - e vedremo anche in Lux (1995) - è su questo punto nettamente diversa.

Una volta ammesso che gli agenti hanno un insieme informativo incompleto per quanto riguarda la struttura del modello, anche sugli equilibri vi è incertezza nel senso seguente: se vi fosse solo incompletezza informativa e ciascun agente agisse indipendentemente dagli altri, allora ciascuno potrebbe effettuare il calcolo del valore attuale dell'attività finanziaria e, per la legge dei grandi numeri, il processo convergerebbe al valore dell'attività dato dai fondamentali. Tuttavia, se in presenza di incertezza informativa gli agenti mettono in atto un comportamento imitativo, allora il valore dell'attività sarà dato dalla somma della componente del valore attuale e della componente legata al processo imitativo. Poiché quest'ultima componente è

---

<sup>37</sup> Si veda Aoki (1996).

completamente endogena, si può verificare la nascita di bolle speculative e *fads*, che sono fuori dall'equilibrio solo per chi osserva il modello dall'esterno, ma non per gli agenti descritti dal modello. Possono, quindi, verificarsi situazioni caratterizzate da equilibri multipli, che risultano da un processo di apprendimento additivo (formato dalle due componenti su esposte). Le conclusioni di Topol rispecchiano quelle della letteratura presentata: in assenza di comportamenti imitativi (e, quindi, caso di indipendenza fra i comportamenti individuali), con un meccanismo standard di formazione delle aspettative il prezzo di mercato converge al valore fondamentale; viceversa, in presenza di comportamento imitativo si verifica una correlazione tra i comportamenti individuali che aumentano la volatilità del mercato e danno origine a bolle speculative.

Uno degli aspetti tecnicamente più interessanti è il fatto che il prezzo di una attività finanziaria, che è una variabile macro, viene ottenuta aggregando i prezzi di offerta e di domanda individuali degli agenti, i quali prezzi rappresentano dei processi stocastici. Può sembrare strano che i prezzi individuali siano stocastici, ma occorre tenere presente che l'elemento casuale deriva dal comportamento imitativo. L'aggregazione delle microvariabili risulta in una Master Equation<sup>38</sup> per la evoluzione delle probabilità del prezzo dell'attività finanziaria. Questa è la prima applicazione in tal senso di tale tecnica e il modello non è di facile esemplificazione. Presenteremo più avanti il modello di Lux (1995) che affronta un problema analogo in maniera più completa: l'autore descrive in maniera approfondita il comportamento aggregato della macrovariabile; viceversa, ora presentiamo l'analisi di Kirman (1993) che concentra la trattazione sui microcomportamenti che vengono successivamente aggregati per dar luogo alla Master Equation. Quindi, il modello di Lux (1995) e quello di Kirman (1993) vanno letti in un'ottica complementare, nella quale l'approccio di Kirman costituisce il fondamento empirico e metodologico che chiarisce il contributo di Lux.

### 6.3. Entomologia, Asimmetrie Comportamentali ed Equilibri Probabilistici

Come detto sopra l'analisi di Kirman (1993) mira ad introdurre il lettore allo studio di certi microcomportamenti che, con esempi mutuati in questo caso dalla biologia, possono esemplificare dei comportamenti di agenti economici in presenza di asimmetrie informative.

In ripetuti esperimenti sulle formiche si è osservato un fenomeno di "reclutamento", cioè il comportamento innovativo od esplorativo di uno o più elementi iniziali del gruppo viene imitato dagli altri con transizioni apparentemente casuali da un sottogruppo ad un altro della stessa popolazione. Si è notato che, se ad una popolazione di formiche si dà accesso a due fonti di cibo equidistanti dal formicaio stesso (benché relativamente vicine), non si verifica quello che tenderemmo ad immaginarci relativamente alla distribuzione delle formiche su ciascuna fonte di cibo; infatti, non si verifica una equidistribuzione delle formiche sulle due fonti di cibo<sup>39</sup>, ma si

---

<sup>38</sup> Si veda Haken (1978).

<sup>39</sup> Si noti che l'esperimento viene condotto in modo tale che la quantità di cibo viene mantenuta costante e uguale su entrambe le fonti di approvvigionamento.

Le opinioni espresse sono quelle dell'autore e non rappresentano necessariamente quelle del Fondo Monetario Internazionale o alcuna sua policy. Ringrazio Stefano Bosi, Luigi Campiglio, Giorgio Rampa per le discussioni sull'argomento. Gli errori sono esclusivamente dell'autore.

registrano due caratteristiche distintive: in primo luogo, ad un dato istante temporale, vi è un numero di formiche che va presso la fonte (che denominiamo) A molto più elevato di quanto non sia presso l'altra (diciamo, B). In secondo luogo, si nota che tale proporzione si inverte bruscamente dopo intervalli di tempo di lunghezza diversa (ma di media costante), per cui la proporzione più alta di formiche si concentra sull'altra fonte di approvvigionamento. E' stata effettuata una variazione su questo esperimento controllato per vedere se la causa di tale comportamento controintuitivo non andasse ricercata in inavvertite differenze sulle fonti di approvvigionamento. La modifica consiste nell'avere un'unica fonte di cibo con 2 identiche strade d'accesso. L'esperimento modificato ha confermato i risultati del precedente. Ad una analisi più accurata risulta, inoltre, che le proporzioni di agenti - in questo caso, formiche - rimangono relativamente costanti, benché vi sia sempre un numero non trascurabile di transizioni individuali da un sottogruppo all'altro, legato (il numero di transizioni) ad un insieme di segnali emessi e ricevuti e legato, inoltre, all'incontro di una formica che si avvia verso la fonte di cibo con una che torna da una fonte o dall'altra. La struttura dei segnali e degli incontri e la quantità di cibo portata costituiscono un *feedback* informativo per il nuovo entrante, il quale effettua la scelta della fonte o della strada osservando gli altri membri della comunità. Ogni nuovo viaggio ripropone un problema di scelta con diverse alternative cui vengono associate diverse probabilità di essere intraprese. Inoltre, sembra che vi siano delle soglie critiche relativamente al numero di transizioni degli agenti da un sottogruppo ad un altro della stessa popolazione, oltre il quale le proporzioni di flusso si invertono: il gruppo più numeroso diviene piccolo, mentre il gruppo di dimensioni limitate si espande di colpo. Questo fatto indica un fenomeno importante: la presenza di una instabilità endogena a livello di macroaggregati, generata da comportamenti "stocastici" delle microcomponenti, cioè dalle transizioni casuali da un sottogruppo all'altro. Tali transizioni sono dette casuali in quanto non prevedibili individualmente se non a livello esclusivamente probabilistico: ciò che, invece, è possibile prevedere è il comportamento aggregato, cioè a livello di comportamento medio del sistema. Quando certe fluttuazioni nelle configurazioni d'equilibrio raggiungono determinati valori-soglia, il sistema può endogenamente transitare da una configurazione all'altra modificando il numero e la qualità dei possibili equilibri.

Queste osservazioni sono importanti per introdurci alla formalizzazione proposta da Kirman (1993) e poi da Lux (1995). Le considerazioni ora svolte qualitativamente possono ora essere formalizzate in un tipo di modellistica in cui i comportamenti individuali sono descritti da catene markoviane<sup>40</sup>, la cui aggregazione porta alla individuazione della dinamica della distribuzione di probabilità degli stati del sistema, dove per stati del sistema si intende la distribuzione delle proporzioni che ciascun gruppo può assumere. In questo modo abbandoniamo il concetto classico - e deterministico - di equilibrio, per passare ad una definizione probabilistica in cui non esistono "punti" di equilibrio, bensì masse di probabilità maggiori o minori: anziché dare la posizione del sistema per ogni istante temporale, si calcola la probabilità che si realizzi ciascuno stato del sistema per ogni istante temporale; l'equilibrio corrisponde all'area di massima densità di probabilità.

---

<sup>40</sup> Per la definizione si veda la trattazione in Cox e Miller (1965).

Si consideri, dunque, il caso in cui ciascuna formica possa nutrirsi da due sorgenti diverse: nera o bianca. Data una popolazione di  $N$  formiche, lo stato del sistema è descritto dal numero  $k$  di formiche che si nutrono alla sorgente nera. Quando due formiche si incontrano, la prima viene reclutata per l'approvvigionamento di cibo verso la sorgente di colore diverso con probabilità  $(1 - \delta)$ . Inoltre, esiste una probabilità  $\varepsilon$ , predefinita, che la prima formica cambi sorgente spontaneamente: questa ipotesi assicura che le posizioni  $k = 0$  e  $k = N$  non siano delle "barriere assorbenti"<sup>41</sup>. Sul mercato finanziario questo cambiamento di fonti può essere visto come un cambiamento di strategie. Il sistema nello stato  $k$  può spostarsi (catena markoviana) verso

$$k + 1 \quad \text{con probabilità} \quad p_1 = p(k, k + 1) = \left(1 - \frac{k}{N}\right) \left(\varepsilon + (1 - \delta) \frac{k}{N - 1}\right),$$

$$k - 1 \quad \text{con probabilità} \quad p_2 = p(k, k - 1) = \left(\frac{k}{N}\right) \left(\varepsilon + (1 - \delta) \frac{N - k}{N - 1}\right),$$

dove  $p(k, k+1)$  indica la probabilità che un elemento scelga la sorgente nera lasciando l'altra; questo spiega il primo termine in parentesi, che va moltiplicato per le probabilità di auto-conversione sommate alla probabilità di essere attratto/convinto da un agente che già si fornisce presso la sorgente nera  $(1 - \delta) \left(\frac{k}{N - 1}\right)$ . Analogamente,  $p(k, k-1)$  indica la probabilità che un elemento abbandoni la fonte nera dato che ne fa parte ( $k/N$ ) o per auto-conversione ( $\varepsilon$ ) o per proselitismo  $(1 - \delta) \left(\frac{N - k}{N - 1}\right)$  di chi già usa l'altra sorgente. Il processo descritto costituisce un catena di Markov, realizzabile da un modello di *urna di Polya*<sup>42</sup> - con due casi speciali:

$\varepsilon = 1/2, \quad \delta = 1$      *urna di Ehrenfest*     distribuzione binomiale      $\mu(k) = (k/N)2^{-N}$ ,  
 $\varepsilon = 0 = \delta$              *martingala con assorbimento*.

In generale,  $\mu(k) = \sum_{l=0}^N \mu(l)p(l, k)$ , dove la distribuzione di equilibrio può essere uniforme, unimodale o bimodale.

Nel primo caso di distribuzione uniforme, qualunque stato del sistema è equiprobabile e, quindi, qualunque piccola perturbazione sposta l'equilibrio del sistema. Nel caso unimodale, il sistema tenderà a concentrarsi su una certa proporzione di neri e perturbazioni anche forti non riescono comunque a tenere il sistema lontano dall'equilibrio della moda. Il caso bimodale indica che il sistema tende a passare gran parte del tempo su due aree limitate e, poiché le fluttuazioni a livello di microstato sono markoviane, la transizione del sistema da un punto all'altro sono stocastiche ed è possibile calcolare la probabilità dei tempi di fuga da un massimo relativo.

<sup>41</sup> Si veda il testo di Gardiner (1983) a proposito della definizione di "barriera assorbente".

<sup>42</sup> Si veda Arthur e altri (1984).

Un elemento essenziale, già messo in rilievo sopra, è la modifica del concetto d'equilibrio, il quale non viene più riferito ad un particolare stato del sistema, ma alla distribuzione di probabilità relativa agli stati del sistema: la distribuzione di equilibrio indica la proporzione di tempo che il sistema spende in ciascuno stato. Il concetto di punto d'equilibrio di un sistema deterministico viene sostituito da quello di area di massima probabilità per un sistema stocastico.

## 7. Bolle speculative e Crolli di Mercato

L'analisi di Lux (1995) è la più completa e dettagliata dei meccanismi descritti precedentemente da Topol e Kirman: da un punto di vista economico, viene ripreso il meccanismo di formazione di bolle speculative con processi imitativi, ma viene anche generato un meccanismo endogeno di crollo di mercato; dal punto di vista metodologico viene descritta l'aggregazione dei microcomportamenti in una Master Equation e l'esplosione di una bolla speculativa con un meccanismo di catastrofe. Il problema economico è quello di individuare i meccanismi di formazione e variazione endogena del prezzo di una attività finanziaria, spiegando con comportamenti imitativi lo svilupparsi di bolle speculative e successivi crolli<sup>43</sup>.

La presentazione del contributo di Kirman (1993) chiarisce alcuni dei microfondamenti del comportamento imitativo, il contributo di Lux (1995) ne estende la portata economica e tecnica. Peraltro, abbiamo visto che molti dei lavori presentati nella prima parte del capitolo giustificavano il comportamento imitativo come razionale in presenza di asimmetria/incompletezza informativa. Tuttavia, mentre nell'analisi di Orléan (1989) e di Topol (1991) si fa riferimento esplicito a comportamenti con "razionalità limitata"<sup>44</sup>, l'assunto di fondo di tutta la letteratura su questo argomento è che l'approccio standard di massimizzazione non sia sufficiente o adeguato a spiegare tutta una serie di fenomeni sui mercati finanziari e valutari, in particolare l'eccesso di volatilità delle attività finanziarie e delle valute rispetto ai fondamentali<sup>45</sup> e la profittabilità di regole di trading, come già visto precedentemente. Gli elementi di non perfetta razionalità introdotti da Lux (1995) sono di natura psicologica e influenzano la formazione delle aspettative in quanto dipendenti dai comportamenti e dalle aspettative altrui. Il comportamento imitativo viene rafforzato dal *feedback* reciproco.

Iniziamo descrivendo il meccanismo di contagio. Chiaramente, questo meccanismo si applica a situazioni di incompletezza informativa in cui un gruppo di agenti non è a conoscenza del valore fondamentale dell'attività e non sa neanche determinare con precisione come gli altri agenti ne stimeranno il valore. In questo senso non è irragionevole osservare il comportamento altrui per estrarne informazioni. In particolare, la probabilità che un agente acquisti o venda può essere influenzata dall'osservazione che altri agenti acquistano o vendono e questo può generare delle fluttuazioni auto-sostenute.

---

<sup>43</sup> Si vedano, per delle applicazioni ai mercati valutari, i lavori di Zeeman (1974), Frankel e Froot (1986, 1990), De Grauwe e altri (1993).

<sup>44</sup> Si veda Sargent (1993).

<sup>45</sup> Si veda West (1988a e b).

Si consideri, dunque, un numero dato pari a  $2N$  di speculatori che possono essere ottimisti o pessimisti relativamente all'andamento del mercato. Gli ottimisti saranno degli acquirenti (denotati con  $n_+$ ) e i pessimisti degli offerenti (denotati con  $n_-$ ), da cui  $n_+ + n_- = 2N$ . Si definisca

$$n = (1/2)(n_+ - n_-) \quad \text{e sia} \quad x = (n/N) \in [-1, 1]$$

un indice dell'opinione media, dove  $x = 0$  indica una situazione bilanciata;  $x$  positivo o negativo indica una situazione rispettivamente di ottimismo o pessimismo. Agli estremi dell'intervallo gli agenti hanno tutti la stessa opinione. Quando è data una certa proporzione intermedia di ottimisti (o di pessimisti), i rimanenti possono essere indotti dal comportamento del gruppo a mutare atteggiamento e adottare la visione prevalente nella maggioranza. Quindi si definisce una probabilità di transizione per ciascun agente da una visione all'altra e indichiamo con  $p_{-+}$  la probabilità che un pessimista diventi ottimista e con  $p_{+-}$  la transizione opposta. Entrambe le probabilità di transizione dipendono dall'indice  $x$ , cioè dalla distribuzione delle opinioni nell'intera popolazione. Le percentuali di effettive transizioni da un sottogruppo all'altro sono date dalle percentuali di appartenenti ad un certo sottogruppo moltiplicato per le probabilità di transizione ad un altro sottogruppo. Quindi ci si aspetta una percentuale  $n_+p_{-+}$  di transizioni da ottimisti a pessimisti e  $n_-p_{+-}$  di transizioni da pessimisti ad ottimisti; da cui la variazione temporale dei due gruppi risulta essere:

$$(7.1) \quad dn_+/dt = n_-p_{-+} - n_+p_{+-}$$

$$(7.2) \quad dn_-/dt = n_+p_{+-} - n_-p_{-+}$$

da cui risulta che la dinamica temporale di  $x$  è pari a

$$(7.3) \quad dx/dt = [(N - n) p_{-+}(x) - (N + n) p_{+-}(x)]/N = (1 - x) p_{-+}(x) - (1 + x)p_{+-}(x)$$

che può essere descritta come equazione del valor medio usando l'approccio della Master Equation. Ora occorre specificare le probabilità di transizione:

$$(7.4) \quad p_{-+}(x) > v e^{ax} > 0, \quad p_{+-}(x) > v e^{-ax} > 0$$

dove  $v$  misura la velocità di transizione e  $a$  misura la forza di attrazione da un gruppo all'altro, questa formulazione permette transizioni anche partendo da uno stato di opinioni bilanciate  $x = 0$  (il che implica  $p_{-+} = p_{+-} = v > 0$ ) e questo genera fluttuazioni continue anche in stato stazionario. Con questa specificazione, la dinamica di  $x$  diventa

$$(7.5) \quad dx/dt = (1 - x) v e^{ax} - (1 + x) v e^{-ax} = 2 v [\text{Sinh}(ax) - x \text{Cosh}(ax)] = \\ = 2 v [\text{Tanh}(ax) - x] \text{Cosh}(ax).$$

Le opinioni espresse sono quelle dell'autore e non rappresentano necessariamente quelle del Fondo Monetario Internazionale o alcuna sua policy. Ringrazio Stefano Bosi, Luigi Campiglio, Giorgio Rampa per le discussioni sull'argomento. Gli errori sono esclusivamente dell'autore.

E' un risultato acquisito che tale funzione ha un unico equilibrio stabile a  $x = 0$  per  $a < 1$ . Per  $a > 1$ ,  $x = 0$  diventa instabile e sorgono altri due equilibri stabili, simmetrici rispetto all'equilibrio iniziale. Il significato di questa situazione dipende dalla velocità di transizione da un gruppo all'altro, cioè dall'intensità dell'effetto di contagio espresso dal parametro  $a$ . Quando l'intensità dell'effetto di contagio è bassa, si formano gruppi omogenei di entità pressoché uguali: questa è la situazione con un unico equilibrio  $x = 0$ . Quando l'intensità del comportamento mimetico è molto forte, allora è possibile che si verifichino delle forti polarizzazioni, per realizzare le quali è sufficiente una piccola perturbazione dello stato di equilibrio con opinioni bilanciate. Peraltro, questa situazione nell'equazione del valor medio corrisponde ad una biforcazione della funzione di densità per il sistema stocastico: quando il processo di contagio è intenso, la funzione di densità passa da unimodale a bimodale. Si può calcolare il tempo di fuga da un massimo all'altro che è tanto maggiore quanto più alto è il numero degli agenti.

Il modello base appena descritto viene ora ampliato su due punti: in primo luogo, domanda ed offerta di attività finanziarie vengono fatte dipendere dal grado di ottimismo o pessimismo prevalente sul mercato; inoltre, si prevede un meccanismo di *feedback* dal prezzo di mercato allo stato d'animo (ottimista o pessimista) degli agenti. L'interazione tra il meccanismo di contagio e la dinamica dei prezzi genera bolle speculative e andamenti ciclici nei prezzi. L'ultima estensione consisterà in un meccanismo endogeno di riassorbimento delle bolle speculative. Delineiamo il processo di formazione della domanda e dell'offerta di attività finanziarie. Individui ottimisti avranno una domanda fissa (pari a  $t_n$ ) positiva, in quanto si aspettano prezzi in crescita, agenti pessimisti, invece, offriranno attività in quantità fissa (pari a  $t_n$ ). L'eccesso di domanda netto degli speculatori ( $D_n$ ) sarà:

$$(7.6) \quad D_n = n_+ t_n - n_- t_n = 2n t_n = 2 N x t_n = x T_n,$$

dove  $T_n = 2 N t_n$  indica il volume degli scambi degli speculatori. Tuttavia, nel caso  $x = 0$  cioè di stato d'animo medio bilanciato, gli scambi possono avvenire all'interno di questo gruppo, altrimenti occorre che gli eccessi di domanda od offerta siano compensati da un altro gruppo: i fondamentalisti. L'eccesso di domanda di questo gruppo dipende dalle differenze tra il prezzo fondamentale  $p_f$  e quello di mercato  $p$ :

$$(7.7) \quad D_F = T_F (p_f - p),$$

dove  $T_F$  misura il volume degli scambi dei fondamentalisti. Si assume che i prezzi si aggiustino agli eccessi di domanda con il meccanismo del "*market maker*", che rende compatibili domanda ed offerta e modifica i prezzi come il classico banditore walrasiano. Un'equazione per la dinamica dei prezzi è, dunque,

$$(7.8) \quad dp/dt = \beta(D_N - D_F) = \beta[xT_N + T_F (p_f - p)],$$

$\beta$  misura la velocità di aggiustamento. Occorre inserire un *feedback* dai prezzi sullo stato d'animo:

Le opinioni espresse sono quelle dell'autore e non rappresentano necessariamente quelle del Fondo Monetario Internazionale o alcuna sua policy. Ringrazio Stefano Bosi, Luigi Campiglio, Giorgio Rampa per le discussioni sull'argomento. Gli errori sono esclusivamente dell'autore.

$$(7.9) \quad p_{+-} = v \exp(a_1(dp/dt/v) + a_2x) \quad e \quad p_{-+} = v \exp(-a_1(dp/dt/v) - a_2x)$$

dove  $a_1$  misura il peso della variazione dei prezzi e  $a_2$  quello dell'effetto di contagio. Il sistema risulta ora composto dalle seguenti equazioni

$$(7.10) \quad dx/dt = (1-x) v \exp(a_1(dp/dt/v) + a_2x) - (1+x) v \exp(-a_1(dp/dt/v) - a_2x)$$

$$(7.11) \quad dp/dt = \beta[xT_N + T_F(p_f - p)].$$

La differenza sostanziale nella dinamica di questo sistema rispetto al caso di puro contagio è che ora si possono verificare dinamiche cicliche e che l'insieme dei valori dei parametri per cui l'equilibrio fondamentale è stabile è molto ridotto. Inoltre, poiché gli equilibri non sono mutati, risulta evidente che la dinamica dei prezzi influenza solo la condizione di stabilità e la dinamica di transizione all'equilibrio.

Passiamo al meccanismo endogeno di riassorbimento della bolla speculativa, basato su un cambiamento di stato d'animo degli agenti. Tecnicamente, occorre modificare le probabilità di transizione introducendo una variabile  $a_0$  che rinforza o attenua l'effetto di contagio secondo che  $a_0$  sia positiva o negativa e viene aggiunta o sottratta nell'esponente dell'esponenziale. Valori positivi (o negativi) di  $a_0$  traslano il grafico di  $(dx/dt, x)$  verso l'alto (o verso il basso); conseguentemente, in presenza di un pur modesto effetto di contagio, si avrà un equilibrio che eccede (o è inferiore a) quello fondamentale. In particolare, per alti valori assoluti di  $a_0$  rimane solamente l'equilibrio con fortissima maggioranza ottimista (o pessimista). Come si determina  $a_0$ ? Si assuma che  $a_0$  sia legata ai rendimenti effettivi rispetto a quelli attesi. I rendimenti effettivi sono dati da  $[r + (dp/dt)]/p$ , dove  $r$  indica i dividendi. Sia  $R$  il rendimento reale atteso.  $a_0$  aumenta se  $[r + (dp/dt)]/p > R$ . Lo stato d'animo generale del mercato cambia, dunque, secondo la seguente legge:

$$(7.12) \quad da_0/dt = \tau [r + (\tau^{-1} dp/dt)]/p.$$

Si ipotizzi, inoltre, *market-clearing* istantaneo, che implica

$$(7.13) \quad p = p_f + (T_N/T_F)x, \quad \text{cio' implica}$$

$$(7.14) \quad dp/dt = (T_N/T_F) dx/dt.$$

Eliminando per semplicità gli effetti di prezzo sulle probabilità di transizione, otteniamo il seguente sistema

$$(7.15) \quad dx/dt = (1-x) v \exp(a_0 + a_2x) - (1+x) v \exp(-a_0 - a_2x)$$

$$(7.16) \quad da_0/dt = \tau \{ [r + \tau^{-1}(T_N/T_F)dx/dt] / [p_f + (T_N/T_F)x] - R \}.$$

Le opinioni espresse sono quelle dell'autore e non rappresentano necessariamente quelle del Fondo Monetario Internazionale o alcuna sua policy. Ringrazio Stefano Bosi, Luigi Campiglio, Giorgio Rampa per le discussioni sull'argomento. Gli errori sono esclusivamente dell'autore.

Le dinamiche di questo sistema sviluppato da Lux (1995) indicano l'esistenza di un unico equilibrio, stabile o instabile. Se è instabile, allora una piccola perturbazione mette in moto un processo di contagio che è anche accompagnato da un sentimento generale ottimista, legato a rendimenti effettivi superiori a quelli attesi. Questo dà inizio ad una bolla speculativa. Finché il processo di contagio si rinforza la bolla aumenta; quando l'insieme di acquirenti si esaurisce, i prezzi smettono di crescere e i rendimenti attesi diminuiscono fino a diventare negativi. A questo punto la bolla esplode e un atteggiamento pessimistico si diffonde tra gli operatori, spingendo il prezzo al di sotto del suo valore d'equilibrio, finché raggiunti certi limiti minimi, lo stato d'animo generale cambia e i rendimenti effettivi ricominciano a superare quelli attesi. Viene quindi riassorbito in un unico processo il ciclo e le bolle speculative, come evidenziato nella sottostante.

## **8. Implicazioni di politica economica e conclusioni**

Le crisi finanziarie dell'ultimo decennio in Messico, Sud Est Asiatico, Russia hanno messo in evidenza quanto importante sia la comprensione di comportamenti imitativi e dei fenomeni di contagio. La teoria economica ha fornito degli importanti contributi alla comprensione dei comportamenti imitativi, benché sia ancora assente una visione unitaria di questi fenomeni.

Questo lavoro presenta alcuni contributi alla teoria dei comportamenti imitativi, sottolineando come la letteratura su questo argomento sia sostanzialmente divisa in due aree distinte. Mentre la prima fa riferimento a tecniche e metodi analitici già sostanzialmente noti e diffusi fra gli economisti, la seconda è decisamente più eterodossa, allontanandosi in maniera sostanziale dal principio di razionalità massimizzante. Questa seconda area fa un appello a volte implicito ad elementi psicologici che solo di recente la letteratura economica comincia a valutare. In questo senso le due letterature sono poco comparabili e rappresentano visioni del funzionamento dell'economia radicalmente diverse. E' questo, però, uno dei motivi per presentarle insieme. Lungi dal voler essere esaustivi, si sono voluti presentare alcuni dei tratti salienti delle due approcci, mentre altri intermedi stanno rapidamente emergendo, legati all'apprendimento e alla selezione delle strategie e degli equilibri. Ma questi sono qui stati esclusi per concentrarsi esclusivamente sui fenomeni imitativi. La gran parte della letteratura recente è di carattere empirico, e tenta di individuare correlazioni fra variabili e variazioni nel grado di correlazione fra diversi mercati. Le applicazioni sono state effettuate prevalentemente sui mercati finanziari, dove più frequenti sono i casi registrati di comportamenti imitativi ed è maggiore la disponibilità di dati per eventuali analisi empiriche<sup>46</sup>. Tuttavia la mancanza di una teoria generalmente accettata rende estremamente difficile interpretare univocamente tali analisi empiriche e dare indicazioni di politica economica. Si possono però tentare alcune valutazioni preliminari. Certamente la recente crisi asiatica ha avuto il merito di porre in evidenza come i paesi coinvolti condividessero gravi problemi legislativi e di governance e di mancanza di trasparenza nel settore bancario e finanziario. Ciò indica chiaramente la

---

<sup>46</sup> Si vedano, ad esempio, i lavori di Goodhart (1988) e Shiller (1993), e dopo le crisi messicana e asiatica i lavori empirici stimolati da quell'evento (International Monetary Fund e altri, 2000).

Le opinioni espresse sono quelle dell'autore e non rappresentano necessariamente quelle del Fondo Monetario Internazionale o alcuna sua policy. Ringrazio Stefano Bosi, Luigi Campiglio, Giorgio Rampa per le discussioni sull'argomento. Gli errori sono esclusivamente dell'autore.

necessita' di accessibilita' e trasparenza delle informazioni, sia di fonte pubblica che di fonte privata. In secondo luogo, l'orizzonte temporale di molte istituzioni finanziarie e' brevissimo, ma le autorità di politica potrebbero stimolare la nascita di istituzioni finanziarie con orizzonti temporali lunghi come i fondi pensione. Infine, una volta che un meccanismo di contagio si sia innescato, occorre agire in maniera coordinata in modo da isolare una particolare crisi possibilmente attraverso l'azione immediata e coordinata di istituzioni finanziarie multilaterali, autorità nazionali e settore privato.

Le opinioni espresse sono quelle dell'autore e non rappresentano necessariamente quelle del Fondo Monetario Internazionale o alcuna sua policy. Ringrazio Stefano Bosi, Luigi Campiglio, Giorgio Rampa per le discussioni sull'argomento. Gli errori sono esclusivamente dell'autore.

## BIBLIOGRAFIA

Allen, H. - Taylor, M.P., 1989, 'Charts, noise and fundamentals: a study of the London foreign exchange market', *Centre for Economic Policy Research, Discussion Paper*, n. 341.

-----, 1990, 'Charts, noise, and fundamentals in the London foreign exchange market', *Economic Journal*, 100, pag. 49-59.

Aoki, M., 1996, *New approaches to macroeconomic modeling*, Cambridge University Press.

Arthur, W. B., 1994, *Increasing returns and path-dependence in the economy*, University of Michigan Press.

Arthur, W. B. - Ermoliev, Y. M. - Kaniovsky, Y. M., 1984, 'Strong laws for a class of path-dependent stochastic processes with applications', in *Proceedings of the International Conference on Stochastic Optimisation*, a cura di Arkin - Shiryaev - Wets, New York, pag. 287-300.

Arthur, W. B. - Ermoliev, Y. M. - Kaniovsky, Y. M., 'Path-dependent structures and the emergence of macrostructures', in Arthur (1984).

Avery, C. – Zemsky, P., 1998, "Multidimensional uncertainty and herd behaviour", *American Economic Review*, pag. 724-748.

Banerjee, A., 1992, 'A simple model of herd behaviour', *Quarterly Journal of Economics*, 107(3), pag. 797-817.

Becker, G. S., 1991, "A note on restaurant pricing and other examples of social influence on price", *Journal of Political Economy*, XCIX, pag. 1109-1116.

Bikhchandani, S. - Hirschleifer, D. - Welch, I., 1998, 'Learning from the behaviour of others: conformity, fads, and informational cascades', *Journal of Economic Perspectives*, 12(3), pag. 151-170.

-----, 1992, 'A theory of fads, fashion, custom, and cultural change as informational cascades', *Journal of Political Economy*, 100(5), pag. 992-1026.

Chamley, C. - D. Gale, 1994, 'Information revelation and strategic delay in a model of investment', *Econometrica*, 62, pag. 1065-1085.

Le opinioni espresse sono quelle dell'autore e non rappresentano necessariamente quelle del Fondo Monetario Internazionale o alcuna sua policy. Ringrazio Stefano Bosi, Luigi Campiglio, Giorgio Rampa per le discussioni sull'argomento. Gli errori sono esclusivamente dell'autore.

Cooper, R. W., 1999, *Complementarities and macroeconomics*, Cambridge University Press.

Cox, D. R. - Miller, D. H., 1965, *The theory of stochastic processes*, Chapman & Hall, London.

De Grauwe, C. - Dewachter, H. - Embrechts, M., 1993, *Exchange rate theory: chaotic models of foreign exchange markets*, Blackwell Publisher, Oxford.

Devenon, A. - I. Welch, 1996, 'Rational herding in financial markets', *European Economic Review*, 40, pag. 603-615.

Ehrbeck, T. - Waldmann, R., 1996, 'Why are professional forecasters biased? Agency versus behavioural explanations', *Quarterly Journal of Economics*, pag. 21-40.

Frankel, J. A. - Froot, K. A., 1986, 'Understanding the US Dollar in the eighties: the expectations of chartists and fundamentalists', *Economic Records*, 62, pag. 24-38, special issue.

-----, 1987a, 'Using survey data to test standard propositions regarding exchange rate expectations', *American Economic Review*, 77(1), pag. 133-53.

-----, 1987b, 'Short-term and long-term expectations of the Yen/Dollar exchange rate: evidence from survey data', *Journal of the Japanese and International Economy*, 1(3), pag. 249-274.

-----, 1989, 'Forward discount bias: is it an exchange risk premium?', *Quarterly Journal of Economics*, 104(1), pag. 139-61.

-----, 1990a, 'Chartists, fundamentalists and the demand for dollars' in: Courakis, A. S. -Taylor, M. P., (a cura di), *Private behaviour and government policies in interdependent economies*, Oxford University Press.

-----, 1990b, 'Chartists, fundamentalists and the foreign exchange markets', *American Economic Review Papers and Proceedings*, 80, pag. 181-185.

-----, 1990c, 'Exchange rate forecasting techniques, survey data, and implications for the foreign exchange market', *NBER Working Paper*, n. 3470.

Gale, D., 1995, 'Dynamic coordination games', *Economic Theory*, 5, pag. 1-18.

-----, 1996a, 'Delay and cycles', *Review of Economic Studies*, 63, pag. 169-198.

Le opinioni espresse sono quelle dell'autore e non rappresentano necessariamente quelle del Fondo Monetario Internazionale o alcuna sua policy. Ringrazio Stefano Bosi, Luigi Campiglio, Giorgio Rampa per le discussioni sull'argomento. Gli errori sono esclusivamente dell'autore.

-----, 1996b, 'What have we learned from social learning', *European Economic Review*, 40, pag. 617-628.

Gardiner, C. W., 1983, *Handbook of stochastic methods*, Springer Verlag, Berlino.

Goodhart, C., 1988, 'The foreign exchange market: a random walk with a dragging anchor', *Economica*, 55, pag. 437-460.

Grossman, S. J., 1976, 'On the efficiency of competitive stock markets where traders have diverse information', *Journal of Finance*, 21(2), pag. 573-585.

-----, 1977, 'The existence of future markets, noisy rational expectations and informational externalities', *Review of Economic Studies*, 44(3), pag. 431-449.

Haken, H, 1978, *Synergetics, an introduction - Nonequilibrium phase transitions and self-organisation in physics, chemistry and biology*, second enlarged edition, Springer-Verlag, Berlin.

-----, 1988, *Information and self-organization*, Springer Verlag, Berlino.

International Monetary Fund - World Bank - Asian Development Bank, 2000, *International financial contagion: how it spreads and how it can be stopped*, Conferenza Internazionale, Washington, D.C., 3-4 Febbraio.

Kandori, M. - G. J. Mailath - R. Rob, 1993, "Learning, mutation, and long run equilibria in games", *Econometrica*, 61(1), pag. 29-56.

Keynes, J. M., 1936, *The general theory of employment, interest and money*, Macmillan, London.

Kirman, A., 1993, 'Ants, rationality, and recruitment', *Quarterly Journal of Economics*, pag. 137-156.

Krugman, P., 1996, *The self-organising economy*, Basic Blackwell.

Lee, I. H., 1993, 'On the convergence of informational cascades', *Journal of Economic Theory*, 61, pag. 395-411.

Lux, T., 1995, 'Herd behaviour, bubbles and crashes', *Economics Journal*, 105, pag. 881-896.

Murray, D., 1992, *Mathematical biology*, Springer-Verlag, Berlino.

Le opinioni espresse sono quelle dell'autore e non rappresentano necessariamente quelle del Fondo Monetario Internazionale o alcuna sua policy. Ringrazio Stefano Bosi, Luigi Campiglio, Giorgio Rampa per le discussioni sull'argomento. Gli errori sono esclusivamente dell'autore.

- Neeman, Z. - G. Orosel, 1999, 'Herding and the winner's curse in markets with sequential bids', *Journal of Economic Theory*, 85, pag. 91-121.
- Orléan, A., 1995, "Bayesian interactions and collective dynamics", *Journal of Economic Behaviour and Organisation*", 28, pagg. 257-274.
- , 1989, 'Mimetic contagion and speculative bubbles', *Theory and Decision*, 27, pagg. 63-92.
- Oswald, A. J., 1992, 'Following behaviour in social and economic settings', *Working Paper*, n. 207, Centre for Economic Performance, London School of Economics.
- Sargent, T., 1993, *Bounded rationality in macroeconomics*, Clarendon Press, Oxford.
- Scharfstein, D. - Stein, D., 1990, 'Herd behaviour and investment', *American Economic Review*, 80, 3, pag. 485-479.
- Shiller, R., 1993, 'Speculative prices and popular models', in Thaler (1993).
- Simon, H., 1957, *Models of man: social and rational - mathematical essays on rational human behaviour in society setting*, Wiley, New York.
- Thaler, R. H. (a cura di), 1993, *Advances in behavioral finance*, Russell Sage Foundation.
- Thom, R., 1989, *Structural stability and morphogenesis*, Addison Wesley.
- Topol, R., 1991, 'Bubbles and volatility of stock prices: effect of mimetic contagion', *Economic Journal*, 101, pag. 786-800.
- Vives, X., 1996, 'Social learning and rational expectations', *European Economic Review*, 40, pag. 589-601.
- Weibull, G., 1995, *Evolutionary game theory*, MIT Press.
- Young, H. P., 1993, "The evolution of conventions", *Econometrica*, 61, pag. 57-84.
- Zeeman, E. C., 1974, 'On the unstable behaviour of the stock exchanges', *Journal of Mathematical Economics*, 1, pag. 39-49.

Le opinioni espresse sono quelle dell'autore e non rappresentano necessariamente quelle del Fondo Monetario Internazionale o alcuna sua policy. Ringrazio Stefano Bosi, Luigi Campiglio, Giorgio Rampa per le discussioni sull'argomento. Gli errori sono esclusivamente dell'autore.