

## 7. Diffusione della tecnologia e flussi informativi: l'approccio sperimentale

di Claudio Borelli e Luigi Luini

### 1. Introduzione

Dal punto di vista del processo invenzione-innovazione (prima adozione e diffusione) è possibile distinguere tre fasi:

A) invenzione e corsa al brevetto: in questo caso una sola impresa ha a propria disposizione la «funzione di possibilità di invenzione»: come risultato l'impresa inventiva può essere per un certo periodo l'esclusiva utente dell'invenzione;

B) cessione del brevetto: la situazione è identica al caso A) ma è possibile una cessione ottima del brevetto [Kamien e altri 1992];

C) diffusione dell'innovazione: questa è la sola situazione nella quale si può estrinsecare una completa concorrenza.

Quest'ultimo tema, la diffusione dell'innovazione, che costituisce l'oggetto dell'esperimento che si presenta, è stato precedentemente studiato per descrivere da un punto di vista econometrico-storico differenti fenomeni relativi a: 1) imprese della stessa industria; 2) diverse industrie; 3) la stessa industria in differenti paesi.

Successivamente a questi studi applicati, la teoria economica ha cercato di scoprire il principio-guida del processo di diffusione: un possibile fondamento è costituito dai diversi convincimenti (*beliefs*) e dalle diverse informazioni con cui gli agenti valutano la profittabilità futura di un nuovo investimento.

L'esperimento che viene presentato si prova a connettere due correnti della letteratura economica che sono apparsi sin qui separatamente (quella applicata e quella teorica). Esso è stato condotto allo

*Due precedenti versioni del presente scritto sono state presentate al I Meeting Italiano di Economia sperimentale, 2-3 febbraio 1993, Siena, alla Conferenza dell'European Experimental Economics Network, 8-10 settembre 1993, York, UK. La versione qui presentata tiene conto dei commenti ricevuti in occasione della presentazione all'Economic Science Association Meeting, 11-12 novembre 1994.*

*Benché il lavoro sia il frutto comune di ambedue gli autori, Luigi Luini ha scritto il paragrafo 2, Claudio Borelli i paragrafi 3 e 4, mentre l'introduzione e le conclusioni costituiscono un inscindibile prodotto congiunto.*

scopo principale di far sì che l'economia teorica e l'economia applicata possano trovare un fruttuoso terreno d'incontro attraverso l'economia sperimentale.

## 2. Il costo economico dell'innovazione

Viene discusso qui in qual modo l'offerta di una nuova tecnologia diviene, dal punto di vista del potenziale adottante, il problema del costo economico dell'innovazione.

Pressoché l'intera letteratura sulla diffusione di una nuova tecnologia considera il processo come attivato da un primo utilizzo (o primo adottante): in tal modo il processo inizia in un punto del tempo in cui l'innovazione è già disponibile e quindi vi è già almeno un utilizzatore. Così la nuova tecnologia si presenta come un bene dato (noto cioè a tutti i produttori), e il processo nel tempo può essere descritto da una curva logistica (fig. 7.1).

È interessante discutere la ragione del perché (e del quando) una

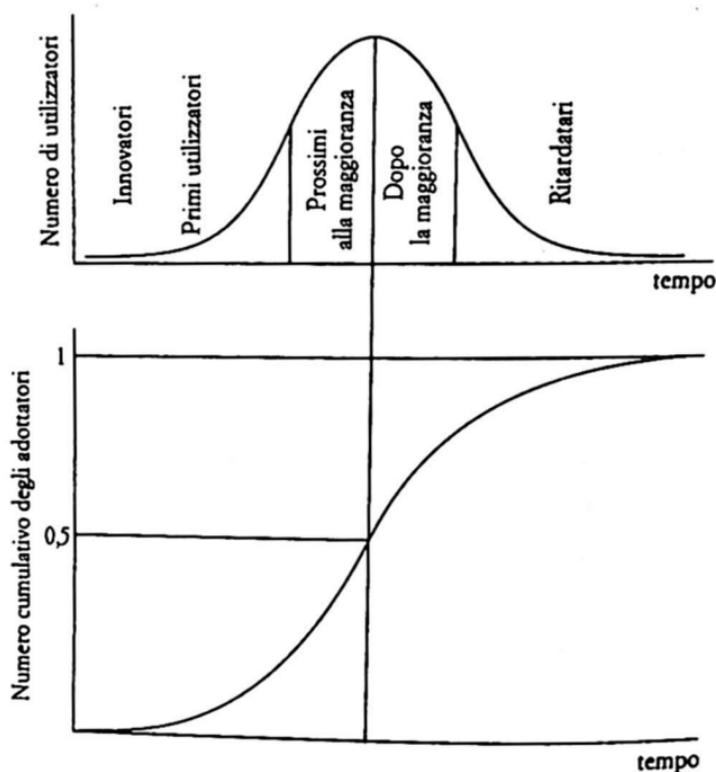


FIG. 7.1. a) categorizzazione degli adottanti, b) la curva logistica.

data innovazione non va a sostituire istantaneamente ed interamente il capitale preesistente. A tal fine la principale distinzione da operare è quella tra innovazione «drastica» e «non-drastica» [Arrow 1962]: è possibile definire drastica quell'innovazione che sostituisce «in toto» il vecchio capitale esistente (ad esempio riducendo il prezzo del prodotto al di sotto del costo minimo ottenibile con il vecchio capitale) e non-drastica quella innovazione che invece non sostituisce interamente tale capitale precedente pur in assenza di fattori semi-istituzionali<sup>1</sup>. Ne segue necessariamente che sia nel caso di innovazione drastica che in quello di innovazione non-drastica il processo di diffusione richiede tempo.

Di seguito si distinguono e si analizzano due filoni della letteratura economica relativi ai processi di diffusione: l'uno applicato e l'altro teorico.

## 2.1. I precedenti storico-econometrici

Una prima corrente della letteratura economica, quella applicata, può essere denominata storico-econometrica. In questa sede si discutono alcuni esempi avanzati all'interno di questo approccio: in tutti questi casi la diffusione viene studiata *ex-post* allo scopo di descrivere le diverse velocità di adozione tra:

- 1) *imprese della stessa industria* [vedi Griliches 1960, fig. 7.2];
- 2) *differenti industrie* (inter-industrie) [vedi Mansfield 1961, fig. 7.3];

Il tasso di diffusione nel modello di Mansfield è regolato dalle due seguenti variabili fondamentali:

- la profittabilità dell'innovazione;
- la ristrettezza dell'investimento;

e da altri fattori aggiuntivi (il cui ruolo, secondo lo stesso Mansfield, si presenta in larga misura come non conclusivo) quali:

- la vita residua utile dei macchinari in uso;
- la variazione della produzione;
- la fase del ciclo economico.

<sup>1</sup> Gli elementi semi-istituzionali che non vengono presi in considerazione con il presente approccio e che frenano un aggiustamento istantaneo sono [vedi Salter 1960, 66]: «la segretezza nella conduzione degli affari, il sistema dei brevetti, gli elementi imperfetti di comunicazione». Come risulta evidente se si aggiungono ai puri fattori economici uno o più di questi fattori semi-istituzionali, il processo di diffusione diventa più lento.

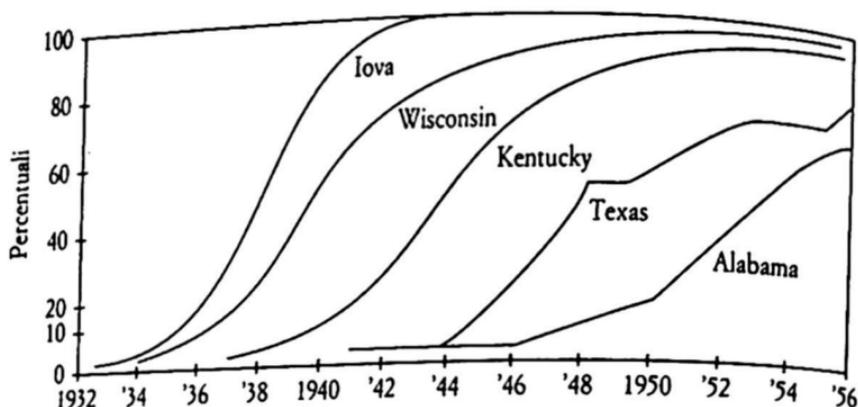


FIG. 7.2.a. Percentuale dell'area coltivata a frumento con semi ibridi.

Fonte: Agricultural statistics.

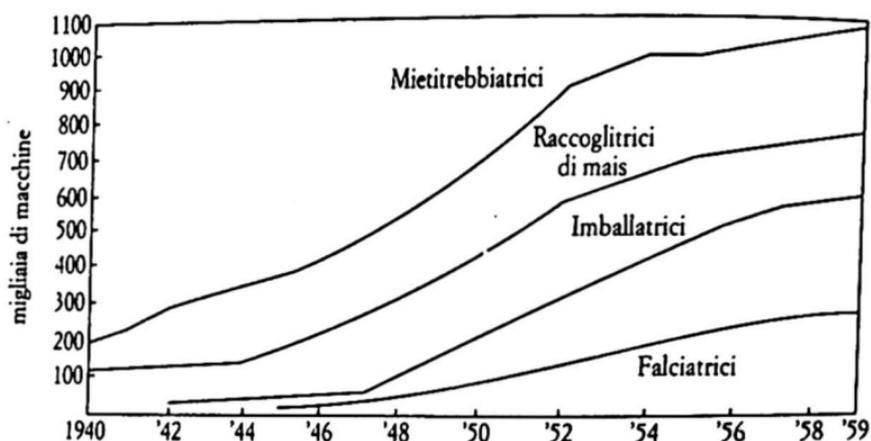


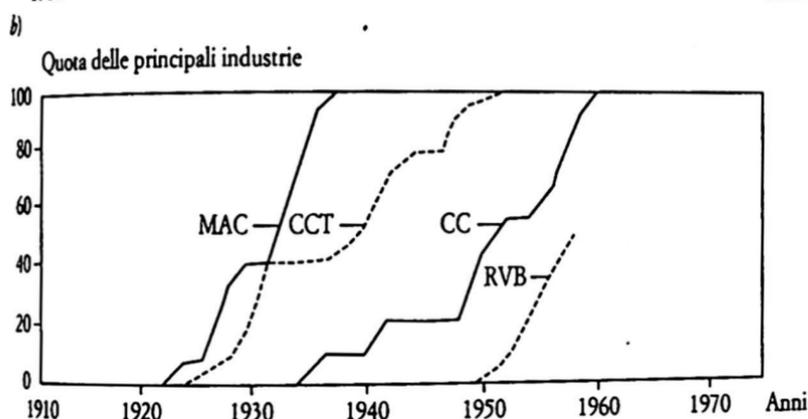
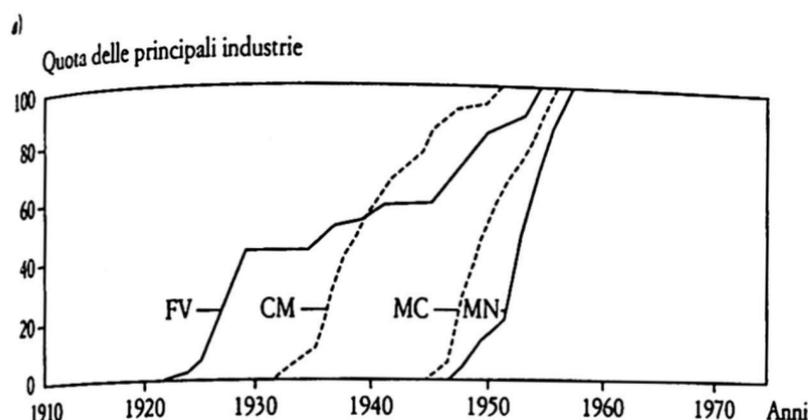
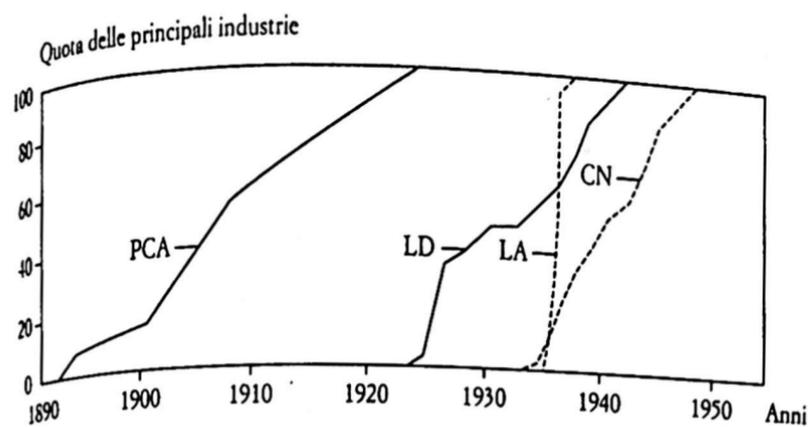
FIG. 7.2.b. Macchinari in uso nelle fattorie negli USA 1940-1959.

Fonte: US Dept. Agr. Stat. Bull. 1959.

In ambedue gli scritti qui considerati (di Griliches e di Mansfield) i dati osservati si distribuiscono conformemente ad una curva logistica.

3) *le stesse industrie in differenti paesi* (internazionale), in particolare: Salter [1960] ed Habakkuk [1962] i quali confrontano alcune importanti industrie della Gran Bretagna e degli Stati Uniti nel corso del XIX secolo (Habakkuk) ed in quello dell'inizio del XX secolo (Salter). I dati sono stati utilizzati dagli autori per fornire una esplicazione del processo di diffusione dell'innovazione capace di descrivere il progressivo superamento del sistema industriale inglese da parte di quello americano. Due fenomeni risultano di particolare interesse:

a) la rapida diffusione della mietitrice meccanica per la raccolta



c) Quota delle principali industrie

Fig. 7.3. Crescita della percentuale delle imprese di quattro differenti industrie (carbone bituminoso, ferro e acciaio, birra, ferrovie) nel periodo 1890-1958 relativamente all'adozione delle seguenti dodici innovazioni (tre per ciascuna industria).

Nota: a) prodotti congiunti d'altoforno (PCA), locomotiva diesel (LD), lattina (LA), carrello zavetta (CN); b) freno-vagone (FV), caricatore mobile senza rotaia (CM), minatore continuo (MC), montacarichi (MN); c) macinatore continuo (MAC), controllo centralizzato del traffico (CCT), colata continua (CC), riempitore veloce bottiglie (RVB).

del grano nel periodo precedente la guerra nel Midwest degli Stati Uniti (1850-8) che soppiantò la mietitura manuale [David 1966];  
 b) la lenta diffusione (con un ritardo di circa mezzo secolo) dell'utilizzo del coke nell'industria americana dell'acciaio rispetto a quella inglese [Temin 1964].

## 2.2. Il modello

Un secondo filone della letteratura è invece di tipo puramente teorico. In un processo di diffusione dell'innovazione, assume una grande importanza il problema di quale informazione-osservazione possa essere ottenuta dalla singola impresa.

Se si considera l'informazione (quantomeno in via potenziale) liberamente disponibile e perciò nota a chiunque, come ad esempio nel caso in cui si consideri conoscenza comune la profittabilità (media) delle imprese che abbiano già adottato la nuova tecnologia, è possibile pervenire ad una curva di diffusione il cui andamento dipende dai diversi convincimenti (*beliefs*) iniziali delle singole imprese [Jensen 1982].

Ciascuna impresa adotta un criterio per l'introduzione dell'innovazione basato sul seguente principio:

$$[1] \quad R^* = qR_1 + (1+q)R_0 - C$$

dove:

( $R^*$ ): rendimento atteso; ( $C$ ): costo (fisso) per l'introduzione dell'innovazione ( $C > 0$ ), ad esempio il costo di una nuova macchina;

( $R_1, R_0$ ): valori attuali di due diversi flussi di reddito tali che  $R_i = \frac{r_i}{(1+\beta)}$  con  $i = 0,1$ ; ( $\beta$ ) saggio di sconto ed ( $r_i$ ) reddito nell'unità di tempo successivamente alla introduzione.

Se l'impresa decide di non adottare osserverà una sequenza di variabili casuali (informazioni) ( $I_{01}, I_{02}, \dots$ ) che si suppone siano indipendenti ed equidistribuite secondo il parametro ignoto:  
 $q = \text{Prob}\{I_{oi} = 1\} \in (0,1)$ .

Se si ipotizza che ( $q$ ) possa assumere solo due valori ( $q_1, q_2$ ), in modo tale che:  $0 < q_2 < q_1 < 1$  e che:  $r_1 > r_0$ , l'adozione dell'innovazione sarà profittevole nel caso in cui  $q = q_1$ ; mentre non lo sarà se  $q = q_2$ . In tal modo sarà  $R^* > 0$  per  $q = q_1$  e  $R^* < 0$  per

$q = q_2$ . Quindi adottando l'impresa avrà un rendimento atteso positivo con probabilità ( $q$ ) e un rendimento atteso negativo con probabilità ( $1 - q$ ).

Data la sequenza di osservazioni, l'impresa può stimare il parametro ( $q$ ) nel modo seguente. Se ( $p$ ) è la probabilità *ex ante* che  $q = q_1$  la stima di ( $q$ ) è data da:

$$(2) \quad \Theta(p) = pq_1 + (1 - p)q_2$$

La probabilità *ex post* che  $q = q_1$  è aggiornata bayesianamente: si ha  $b_1(p) = \frac{pq_1}{\Theta(p)}$  se l'osservazione è positiva oppure  $b_0(p) = \frac{p(1-q_1)}{1-\Theta(p)}$  se l'osservazione è negativa.

Il processo decisionale di ogni singolo agente (impresa) inizierà con un convincimento (*belief*) iniziale *ex ante* circa la profittabilità dell'innovazione, cioè che  $q = q_1$ . Si suppone che i convincimenti iniziali siano dati e differenti per le differenti imprese:  $g_i \in (0,1)$ . Questo convincimento iniziale verrà aggiornato nel corso del tempo attraverso la nuova informazione ( $I_i$ ) con  $1 \leq i \leq m$ : se si suppone che il numero di tali osservazioni sia ( $k$ ) di cui  $m \leq k$  sono favorevoli, il convincimento *ex post* ( $p(\cdot)$ ) dipenderà da ( $g, k, m$ ) e così varrà la:

$$(3) \quad p(g, k, m) = \frac{1}{1 + \left(\frac{q_2}{q_1}\right)^m \cdot \left(\frac{1-q_2}{1-q_1}\right)^{k-m} \cdot \left(\frac{1-g}{g}\right)}$$

Se si denomina con  $R_t(p)$  il reddito atteso dove ( $t$ ) rappresenta il tempo necessario per operare la scelta se introdurre o non introdurre l'innovazione, e che sarà tale che  $R_0(p) = 0$  per ogni valore di ( $p$ ), varrà la:

$$(4) \quad R_t^*(p) = \max \{R_t^I(p), R_t^A(p)\}$$

dove  $R_t^I(p)$  rappresenta il valore atteso dell'introduzione dell'innovazione e  $R_t^A(p)$  il valore atteso del posporre la decisione di introduzione dell'innovazione che saranno rispettivamente rappresentati dalla:

$$(5) \quad R_t^I(p) = \Theta(p)R_1 + (1 - \Theta(p))R_0 - C$$

e dalla:

$$[6] \quad R_i^A(p) = \beta(\Theta(p))R_{i-1}(b_1(p)) + (1 - \Theta(p))R_{i-1}(b_0(p))$$

In tal modo il problema può essere ridotto dal punto di vista della singola impresa alla individuazione di una  $(p^*)$  tale che per  $p \geq p^*$  valga  $R_i^A(p) \geq R_i^I(p)$  dove  $(R_i^A(p) - R_i^I(p))$  sia rappresentabile attraverso una funzione continua convessa i cui valori sono compresi nell'intervallo  $(0,1)$  e sono negativi per  $p = 0$  e positivi per  $p = 1$ . Come risulta evidente  $(p^*)$  varierà al variare dei parametri  $(g, m, C)$ . Si è ora in condizione di spiegare la regola di diffusione dell'innovazione in un'industria nella quale le imprese siano assolutamente identiche, eccezion fatta che per i convincimenti iniziali<sup>2</sup>.

Dato il convincimento soglia  $(p^*)$ , occorre individuare il valore minimo del convincimento iniziale  $g_{\min} \geq g^*(p^*, m, k)$  tale che l'innovazione verrà adottata dall'impresa allo stadio  $(m)$  dopo aver ricevuto  $(k)$  informazioni favorevoli. Se si suppone che la distribuzione dei convincimenti iniziali tra le imprese dell'industria sia distribuito nell'intervallo  $(0,1)$  sulla base di una funzione di distribuzione  $F(g)$ , si otterrà la proporzione di imprese che hanno già adottato l'innovazione alla fase  $(m)$ , sulla base della sequenza di informazioni-osservazioni:  $(I_{s1}, I_{s2}, \dots, I_{sm})$ . La curva di diffusione sarà data da:

$$[7] \quad d(I_{sm}, p^*) = \int_{g_{\min}(I_{sm}, p^*)}^1 dF(g)$$

è una funzione non decrescente rispetto ad  $(m)$  perché  $g_{\min}(I_{sm+1}, p^*) \leq g_{\min}(I_{sm}, p^*)$ , quindi la [7] sarà tale che:  $d(I_{s0}, p^*) \geq 0$  e  $\lim_{m \rightarrow \infty} d(I_{sm}, p^*) = 1$ . In ogni caso alcune imprese introdurranno

l'innovazione prima di aver raccolto qualsiasi informazione-osservazione, e, nel caso di un numero molto elevato di osservazioni, l'inno-

<sup>2</sup> Nel modello di Jensen si assume che le imprese siano neutrali rispetto al rischio. Nell'esperimento non si è predisposta alcuna procedura per quantificare l'attitudine al rischio dei partecipanti. È molto difficile indurre neutralità rispetto al rischio in ambienti complessi (ciò usualmente si ottiene remunerando i soggetti partecipanti a lotterie con ricompense che sono lineari rispetto alle probabilità dei risultati). Ad esempio Walker, Smith, Cox [1990] hanno mostrato quanto siano insoddisfacenti simili procedure di neutralizzazione del rischio anche in ambienti molto elementari quali una *first price auction*. L'assunzione di neutralità al rischio delle imprese è, d'altro lato, l'unico modo per generare aspettative positive di profitto: l'avversione al rischio implica che le imprese preferiscano assicurarsi contro il rischio di adottare una innovazione piuttosto che incorrere nel rischio stesso. Ciò sarebbe stato possibile solo nel caso in cui i partecipanti avessero iniziato l'esperimento con una dotazione iniziale di «passati» profitti positiva.

razione sarà adottata pressoché dall'intera industria, e cioè quando:  
 $q = q_1$ .

### 3 L'esperimento

L'esperimento consiste nella riproduzione in laboratorio di quelle condizioni che portano ad un processo di diffusione rappresentabile o da curve sigmoidi o da curve concave. Si è deciso di utilizzare lo stesso impianto teorico di Jensen per le seguenti ragioni: 1) l'esplicita considerazione delle aspettative circa gli incerti profitti futuri come unica determinante del processo di diffusione, dato un certo flusso di informazioni; 2) l'eterogeneità dei convincimenti come condizione sufficiente al fine di ottenere un processo di diffusione sigmoide. Il punto centrale di questo approccio che assume in questo esperimento particolare interesse, è costituito dal fatto che, *ceteris paribus*, agenti che si comportano in modo ottimizzante, adottano un'innovazione in tempi diversi se (e solo se) dispongono di diversi convincimenti iniziali.

È qui necessario spendere alcune parole al fine di spiegare la ragione per la quale si è deciso di utilizzare il modello di Jensen per costruire questo esperimento. La ragione non riposa né in una sua presunta superiorità esplicativa e né nel fatto che il fenomeno della diffusione è derivato dall'ipotesi di comportamento ottimizzante delle imprese. Si è invece utilizzato questo modello perché le variabili con cui viene spiegato il fenomeno in questione, informazioni e convincimenti, sono facilmente manipolabili in laboratorio. Si tratta quindi di un modello che possiede un alto grado di «sperimentabilità».

Sebbene le curve di diffusione della maggior parte dei fenomeni possano essere descritte in termini di una curva sigmoide (vedi fig. 7.1) la forma esatta di ogni curva, compresi la curvatura e gli asintoti, può variare anche in misura notevole. Ad esempio la curvatura può essere inizialmente molto rapida indicando una diffusione accelerata, oppure inizialmente lenta nel caso di adozione ritardata. Si è cercato di capire come sia possibile costruire in laboratorio un dispositivo che, partendo da un modello teorico coerente, sia in grado di generare, con un alto grado di flessibilità, famiglie di curve sigmoidi anche molto diverse tra loro. Più avanti si fornirà una categorizzazione delle possibili curve di diffusione in termini di punto di flesso e grado di asimmetria. Poiché le caratteristiche di un qualsiasi processo di diffusione sono ovviamente legate alla particolarità delle singole innovazioni, o dei grappoli di innovazioni, così come agli ambiti istituzionali

nei quali le innovazioni vengono adottate, si studierà il comportamento qualitativo dei processi di diffusione, più che misurarne i valori dei parametri che li governano. Ovvero si vuole poter osservare in quali circostanze quali tipi di asimmetria si possono verificare e quale valore possa assumere la curva di diffusione nel punto di massima adozione.

### 3.1. La progettazione

Gli esperimenti sono stati condotti presso l'Università di Siena durante il mese di luglio 1993. Per implementare differenti versioni dell'esperimento e svolgerle con l'uso dei calcolatori, una rete locale di Macintosh, i programmi sono stati scritti con Hypertalk e sono stati utilizzati con Hypercard che ha fornito l'ambiente di interazione tra i partecipanti e le macchine. Del programma sono state scritte tre versioni differenti: 1) la prima versione è servita sia come simulazione del modello, sia per la messa a punto della versione del programma con la quale gli esperimenti sono stati effettivamente compiuti (vedi il successivo punto 3). In particolare i risultati delle simulazioni sono servite per verificare che le condizioni previste da Jensen fossero effettivamente soddisfatte; 2) la seconda versione, è stata utilizzata in rete e ha consentito che i partecipanti all'esperimento tenessero conto, nel prendere le decisioni, del comportamento degli altri. Questa versione di rete non verrà descritta oltre perché è stata usata per un'estensione del lavoro presentato in queste pagine; 3) la versione «standalone» del programma che è stata utilizzata durante l'esperimento prevede che i partecipanti interagiscano unicamente con il calcolatore senza considerare le decisioni degli altri partecipanti. Dire che i partecipanti interagiscono con il calcolatore significa che la macchina fornisce di volta in volta i dati sulla base dei quali devono essere prese le decisioni. Inoltre essa fornisce, sia graficamente che numericamente i risultati e le conseguenze delle decisioni prese. Tuttavia il calcolatore non svolge unicamente il ruolo di supporto di calcolo per le ragioni riportate di seguito. È probabilmente utile ricordare alcune delle caratteristiche fondamentali del modello. Esso prevede due variabili di stato: 1) le osservazioni, che si suppone riassumano tutte le informazioni di volta in volta disponibili sulla profittabilità dell'innovazione; 2) i convincimenti iniziali (*beliefs*) che ciascuna impresa detiene sulla profittabilità della medesima innovazione. Si suppone che i

convincimenti iniziali siano esogeni. Nell'esperimento il calcolatore fornisce ad ogni partecipante sia il *belief* iniziale che il flusso delle osservazioni.

Nel modello le osservazioni sono trattate come variabili casuali generate da una distribuzione bernoulliana  $S(z)$ , mentre i convincimenti iniziali sono variabili casuali con distribuzione uniforme  $F(g)$ . Il modello non fa ipotesi particolari sui parametri di  $F(g)$ , né è ammessa la possibilità che il flusso delle osservazioni possieda una qualche struttura. Circa quest'ultimo punto tale procedura è giustificata dal fatto che nel modello si assume che le date alle quali vengono prese le decisioni (corrispondenti alle date alle quali avvengono le osservazioni) sono infinite, cosicché l'unica condizione da soddisfare è che ad ogni data la proporzione di osservazioni favorevoli sia uguale alla proporzione attesa quando l'innovazione è profittevole.

Nel nostro caso, per la necessaria finitezza delle osservazioni, questa condizione può essere indebolita, per cui l'unica richiesta è che *ex post* la proporzione delle informazioni positive sia uguale alla proporzione attesa. Questo punto è fondamentale perché consente di introdurre una struttura nel flusso delle osservazioni. Con struttura del flusso di informazioni si intende qui che la sequenza di informazioni (positive e negative) non è interamente casuale, ma è determinata dallo sperimentatore. In particolare nell'esperimento si hanno tre differenti flussi di informazioni:

1) le osservazioni sono tratte casualmente da una distribuzione (0 - 1), dove 1 indica un'informazione positiva e 0 un'informazione negativa. Questo è il caso generale del modello (da qui identificato come tipo «G»: «caso generale»);

2) la distribuzione delle osservazioni è tale per cui nei primi  $(1 - q_1)n$  periodi vi saranno solo osservazioni negative, mentre nei restanti  $(q_1 \cdot n)$  periodi solo informazioni positive (caso di tipo «T»: «informazioni positive ritardate»);

3) in questo caso si hanno informazioni positive nei primi  $(q_1 \cdot n)$  periodi e informazioni negative negli ultimi  $(1 - q_1)n$  periodi (caso di tipo «E»: informazioni positive anticipate).

Nei casi 2) e 3) qui sopra si è implicitamente assunto che  $(q = q_1)$ , ma il medesimo ragionamento vale anche per  $(q = q_2)$ .

L'ipotesi che le informazioni positive e negative siano concentrate all'inizio o alla fine dell'arco temporale della singola prova sperimentale è volutamente estrema, affinché i risultati dell'esperimento possano essere interpretati come casi limite.

La seconda variabile di stato, i convincimenti iniziali delle impre-

se' è stata trattata come una variabile casuale con distribuzione uniforme definita nell'intervallo  $(a, b)$ . Abbiamo distinto tre casi:

1) i parametri della distribuzione sono tali che  $a = 0$  e  $b = 1$ , per cui si assume che le imprese abbiano opinioni molto eterogenee (caso indicato in seguito con: «S»: «convincimenti diffusi»);

2) caso in cui  $a = 0$  e  $b$  è «basso» (negli esperimenti riportati in questo lavoro si è scelto  $b = 0,3$ ): l'industria è prevalentemente pessimista (caso «L»: «convincimenti pessimistici»);

3) l'intervallo è dato da  $a$  elevato e  $b$  tendenzialmente prossimo a uno per indicare un'industria mediamente molto ottimista. Abbiamo posto  $a = 0,6$  e  $b = 0,9$  perché questo caso possa essere trattato come una trasformazione che preserva la varianza del caso 2 (verrà indicato con «H», da «convincimenti ottimistici»)<sup>4</sup>.

È importante notare che le modifiche da noi introdotte non inficiano la validità dell'equazione [7] che continua a garantire che la curva di diffusione dell'innovazione all'interno dell'industria sia sigmoide oppure concava. I differenti casi su esposti hanno dato luogo all'esperimento secondo lo schema seguente, nel quale la prima colonna indica il tipo di flusso di osservazioni mentre la prima riga riporta il tipo di convincimenti iniziali. Ogni numero nello schema identifica una differente prova sperimentale:

Tab. 7.1.

	Convincimenti iniziali		
	S	H	L
Flusso di osservazioni			
G	1	2	3
T	4	5	6
E	7	8	9

Ognuna delle nove prove è stata ripetuta per dieci volte, ma per evitare che fosse possibile tentare di apprendere la struttura dell'intero esperimento la sequenza delle prove effettuate da ciascun parteci-

<sup>3</sup> D'ora in poi useremo come equivalenti i termini: imprese, partecipanti o giocatori per indicare sempre coloro che hanno preso parte all'esperimento.

<sup>4</sup> I casi 2) e 3) rappresentano trasformazioni che preservano la varianza della media della stessa distribuzione poiché corrispondono ad uguali cambiamenti di  $a$  e di  $b$ .

pante è stata scelta casualmente dallo schema qui sopra. Il programma dell'esperimento decideva con probabilità pari a 0,5 se l'innovazione dovesse essere positiva o meno. Di conseguenza, in media, ogni partecipante ha affrontato, per ogni combinazione informazione-convincimenti, cinque innovazioni profittevoli e altrettante non profittevoli. Naturalmente ogni partecipante non era a conoscenza a quale delle due alternative stava partecipando.

Il problema sottoposto ai partecipanti<sup>5</sup> è quello di decidere se e quando adottare una certa innovazione tecnologica della quale non conoscono con certezza il rendimento, sebbene siano in grado di calcolarne il valore atteso, dati i convincimenti correnti sulla bontà dell'innovazione stessa. Le conseguenze sono dunque di quattro tipi: 1) è adottata una innovazione profittevole; 2) non è adottata una innovazione profittevole; 3) è adottata una innovazione non profittevole; 4) non è adottata una innovazione non profittevole.

I partecipanti devono decidere sulla base di: 1) un convincimento iniziale sulla profittabilità dell'innovazione; 2) una sequenza di informazioni che aggiorna, periodo per periodo, il convincimento corrente. Entrambe le variabili sono fornite ai partecipanti dal calcolatore. Poiché nessun partecipante ha accesso ad altro tipo di informazioni, il periodo nel quale ognuno di essi decide, se decide, di adottare è determinato dal proprio convincimento corrente.

Nel modello delineato al paragrafo 2 si mostra l'esistenza di un unico livello soglia ottimo del convincimento corrente<sup>6</sup> sulla profittabilità dell'adozione nel caso di un orizzonte di vita infinito dell'innovazione e di un continuo di periodi. Per ovvie impossibilità pratiche nell'esperimento si sono dovute attenuare anche queste assunzioni: in pratica ognuna delle prove sperimentali ha avuto una durata di 25 periodi (sono state possibili fino a un massimo di 25 osservazioni). Di fatto le simulazioni dell'esperimento e le prime prove hanno mostrato che per un'innovazione profittevole, e per l'insieme dei parametri ricavati induttivamente durante le simulazioni, nell'arco di 25 periodi ogni impresa decideva invariabilmente di adottare l'innovazione<sup>7</sup>.

<sup>5</sup> Per le istruzioni vedi l'appendice A.

<sup>6</sup> Il livello del convincimento per il quale il valore atteso dell'adozione è superiore al valore atteso dell'attendere un ulteriore periodo e compiere un'altra osservazione. La dimostrazione si trova in Jensen [1982].

<sup>7</sup> Dal momento che soltanto i convincimenti correnti vengono presi in considerazione per le decisioni di adozione, potrebbe essere messo in discussione il perché le imprese dovrebbero interrompere l'osservazione di nuove informazioni ad un determinato momento piuttosto che raccogliere quante più informazioni sia loro possibi-



mento delle procedure dell'esperimento. Una settimana dopo ognuno degli studenti è stato richiamato per l'esperimento vero e proprio.

La figura 7.4 riproduce la videata di una sessione sperimentale; l'innovazione è stata adottata alla fase 10.

Poiché i partecipanti erano tutti studenti e poiché le procedure amministrative dell'università rendono molto laborioso (se non impossibile) pagare gli studenti per la loro partecipazione ad un esperimento, abbiamo deciso di non seguire il metodo generalmente impiegato di dare compensi monetari, ma di incentivare i partecipanti nel modo seguente<sup>8</sup>.

Ogni partecipante riceveva un credito per ogni prova nella quale egli/ella o decideva di adottare un'innovazione profittevole o decideva di rifiutare di adottare un'innovazione non profittevole. Negli altri casi il partecipante riceveva zero crediti. Al termine dell'esperimento i risultati dei partecipanti, in termini di crediti sono stati ordinati in senso decrescente e la scala suddivisa in tre parti. Coloro che risultavano appartenere al terzo superiore, avendo conseguito i migliori risultati, hanno ottenuto due punti addizionali rispetto alla votazione del corso. Con risultati appartenenti al terzo centrale della scala si è ottenuto un punto addizionale; mentre gli appartenenti al terzo inferiore non hanno ottenuto alcun punto in più. Per questi ultimi si può supporre che abbiano pagato un costo opportunità per aver perso il proprio tempo nel partecipare inutilmente all'esperimento. Per il corso in questione due punti addizionali possono essere considerati un ottimo incentivo per gli studenti, senz'altro maggiore delle trenta o quarantamila lire che avremmo eventualmente potuto pagare ai partecipanti<sup>9</sup>.

#### 4. Analisi dei risultati

Poiché lo scopo del presente lavoro è quello di chiarire alcuni punti circa le determinanti delle asimmetrie nei processi di diffusione, è necessario che la funzione utilizzata per descrivere i fenomeni osservati sia in grado di interpretare processi che presentino sia asimme-

<sup>8</sup> Per un criterio di incentivazione analogo vedi Kormendi, Plott [1982].

<sup>9</sup> Per evitare interazioni che avrebbero potuto inficiare la scala degli incentivi il docente (L. Luini) al momento dell'esame non era al corrente dei risultati ottenuti dagli studenti nell'esperimento (condotto da C. Borelli). Gli studenti erano stati informati di ciò.

trie positive che negative. Un'altra importante condizione è che la funzione scelta consenta un'alta variabilità degli indici di asimmetria per catturare la diversità, talvolta macroscopica, dei processi di diffusione osservati empiricamente. Un'ulteriore condizione riguarda il campo di definizione della funzione. Dato che si ha un processo di diffusione solo dopo che l'innovazione è stata introdotta (diciamo ad un tempo convenzionale  $t_0$ ) e che il processo si arresta dopo che l'intera industria la ha adottata, il campo di definizione deve essere chiuso ( $t_0 < t < t_n$ )<sup>10</sup>. In realtà, in un ambiente «naturale», un processo di diffusione può richiedere un tempo molto lungo, ma sempre finito, e durante questo tempo nell'industria possono entrare ed uscire imprese. In laboratorio il tempo entro il quale deve essere completata la diffusione è non solo finito, ma anche molto limitato per ovvie ragioni pratiche<sup>11</sup>; come è già stato detto il numero massimo di periodi è stato:  $n = 25$ . Inoltre abbiamo supposto che la numerosità delle imprese non variasse.

Una delle funzioni più flessibili di cui si sia a conoscenza, definite in un intervallo chiuso è la funzione beta. Per ragioni di semplicità, normalizzando i periodi di decisione, si suppone che sia definita nell'intervallo (0, 1):

$$[8] \quad f(t) = \frac{t^{p-1}(1-t)^{q-1}}{\beta(p,q)}$$

dove:  $0 < t < 1$  costituiscono i periodi nei quali vengono effettuate le osservazioni e le decisioni. La corrispondente funzione cumulata è:

$$[9] \quad F(t) = \frac{1}{\beta(p,q)} \int_0^t l^{p-1}(1-l)^{q-1} dl$$

La distribuzione beta è in grado di descrivere curve sigmoidi con asimmetrie positive e negative così come curve concave o convesse a seconda dei valori assunti dai parametri  $p$  e  $q$ . Dato che siamo interessati solo a funzioni unimodali che presentino punti di flesso, i parametri devono essere entrambi maggiori di uno:  $p, q > 1$ .

<sup>10</sup> La chiusura del campo di definizione della funzione non è una condizione rilevante quanto quella di flessibilità: infatti una funzione aperta può essere troncata in modo opportuno. Tuttavia poiché esistono funzioni che soddisfano entrambe le condizioni non ci sono ragioni per introdurre trasformazioni arbitrarie.

<sup>11</sup> Ad esempio ben pochi studenti si sentirebbero incentivati a sedere davanti ad un calcolatore per un'intera giornata e prendere per centinaia di volte le stesse decisioni.

La struttura dei processi di diffusione verrà esaminata in termini di due proprietà: il punto di flesso e la simmetria. Nella pratica, così come in teoria, il massimo tasso di diffusione di un'innovazione (corrispondente al punto di flesso della funzione cumulata) deve essere possibile ad ogni data durante lo svolgersi del processo. Inoltre, come già osservato, la forma del processo deve poter essere sia simmetrica che asimmetrica. La curva di diffusione si dice simmetrica qualora l'andamento del processo dopo il punto di flesso sia l'immagine speculare dell'andamento prima di quel punto.

Si può mostrare che un modello di diffusione governato da una distribuzione beta unimodale può ammettere un flesso in corrispondenza di un qualsiasi punto dell'intervallo di definizione. La data alla quale si verifica il massimo tasso di diffusione di un'innovazione è data da:

$$[10] \quad t^* = \frac{p-1}{(p-1) + (q-1)}$$

Il flesso può essere calcolato differenziando l'equazione [8] rispetto a  $F(t)$ , uguagliando a zero e risolvendo per  $F(t^*)$ . Poiché la cumulata della funzione beta non è nota esplicitamente, il flesso deve essere calcolato numericamente.

I parametri  $p$  e  $q$  della distribuzione empirica sono stati stimati con il metodo dei momenti. Data la media campionaria  $\bar{x}$  e la corrispondente varianza  $\bar{m}_2$  si ottengono le stime per  $p$  e  $q$ :

$$[11] \quad \bar{p} = \bar{x} \cdot \left[ \frac{\bar{x}(1-\bar{x})}{\bar{m}_2} - 1 \right] \text{ e } \bar{q} = (1-\bar{x}) \cdot \left[ \frac{\bar{x}(1-\bar{x})}{\bar{m}_2} - 1 \right]$$

L'indice di asimmetria può essere calcolato come:

$$[12] \quad \alpha_3 = \frac{2(q-p)(p+q+1)^{\frac{1}{2}}}{(p+q+2)pq^{\frac{1}{2}}}$$

Dalla [8] si ricava che funzioni simmetriche presentano  $\alpha_3 = 0$ , da cui deriva che  $p = q$ ; mentre un'asimmetria positiva è caratterizzata da  $\alpha_3 > 0$  con  $p < q$ , il contrario vale per asimmetrie negative:  $\alpha_3 < 0$  e  $p > q$ .

Ad esempio la figura 7.5 mostra una famiglia di nove curve sigmoidi che si differenziano per il punto di flesso e per il corrispondente valore della funzione:

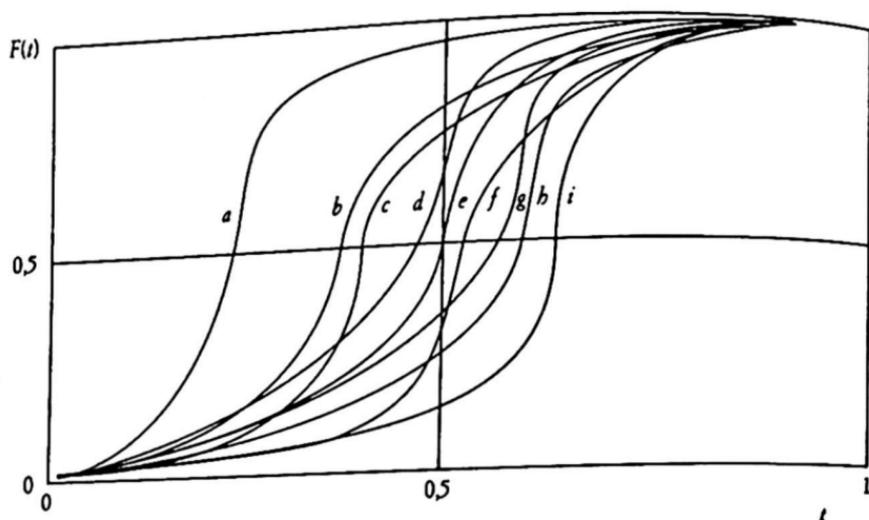


FIG. 7.5.

*a)* ( $t^* < 0,5$ ),  $F(t^*) > 0,5$  *b)* ( $t^* < 0,5$ ),  $F(t^*) = 0,5$  *c)* ( $t^* < 0,5$ ),  $F(t^*) < 0,5$  *d)* ( $t^* = 0,5$ ),  $F(t^*) > 0,5$  *e)* ( $t^* = 0,5$ ),  $F(t^*) = 0,5$  *f)* ( $t^* = 0,5$ ),  $F(t^*) < 0,5$  *g)* ( $t^* > 0,5$ ),  $F(t^*) > 0,5$  *h)* ( $t^* > 0,5$ ),  $F(t^*) = 0,5$  *i)* ( $t^* > 0,5$ ),  $F(t^*) < 0,5$ .

Supponiamo che la sequenza di informazioni mantenga le stesse caratteristiche a fronte dei diversi tipi di convincimenti iniziali ( $S$ ,  $H$ ,  $L$ ). Si può affermare che tanto più alti, cioè più ottimistici, saranno i convincimenti iniziali, tanto minore sarà il numero di osservazioni positive necessarie per adottare l'innovazione: in tal caso l'industria tende ad adottare in modo anticipato, generando così una curva di diffusione con un rigonfiamento a sinistra ( $t^* < 0,5$ ). All'opposto, quanto più bassi saranno i convincimenti iniziali, tanta più informazione sarà necessaria alle imprese per avere una sufficiente fiducia nella profittabilità dell'innovazione. In questo caso si osserverà un ritardo nell'adozione ( $t^* > 0,5$ ).

Per converso si può supporre che per una data distribuzione dei convincimenti iniziali, distribuzioni differenti delle informazioni positive agiscano sull'altezza del flesso. La ragione di ciò può essere trovata nel fatto che le informazioni comuni non influiscono in egual misura su tutte le imprese dell'industria. Infatti in base all'equazione  $h_1(p)$  del paragrafo 2 un'informazione positiva agisce in modo più che proporzionale sui convincimenti iniziali elevati rispetto a quelli più bassi.

TAB. 7.2

Esperimento	Variabili di trattamento		Flesso	
	Informazione	Convincim. inizi.	$F(t^*)$	$t^*$
1	G	S	0,5	0,5
2	G	H	0,5	<0,5
3	G	L	0,5	>0,5
4	T	S	<0,5	0,5
5	T	H	<0,5	<0,5
6	T	L	<0,5	>0,5
7	E	S	>0,5	0,5
8	E	H	>0,5	<0,5
9	E	L	>0,5	>0,5

Pertanto in corrispondenza di numerose osservazioni positive una quota sostanziale di imprese rivedrà i propri convincimenti correnti. Se la sequenza di informazioni positive viene osservata in modo ritardato, essa agirà su convincimenti molto bassi dal momento che il flusso informazioni iniziali negative abbasserà tutti i convincimenti «comprimendo» così la loro distribuzione. In tal caso la reazione delle imprese all'informazione positiva sarà «sincronizzata» rispetto al tempo di adozione: e cioè il tasso massimo di adozione avverrà per valori della curva di diffusione al di sotto di 0,5. Invece l'opposto avverrà in caso di informazioni iniziali positive: in tal caso la distribuzione dei convincimenti sarà «distorta» verso l'alto, cioè con  $F(t^*) > 0,5$ .

Tutte le ipotesi sopra formulate possono essere sintetizzate attraverso la tabella 7.2 nella quale i numeri della prima colonna corrispondono a quelli della tabella 7.1.

#### 4.1. I risultati

I risultati dell'esperimento, aggregati rispetto all'insieme sia dei partecipanti che delle prove, espressi come percentuale di adozioni, sono riassunte nella tabella 7.4 che riporta i processi di diffusione relativi a ciascuna fase dell'esperimento: i caratteri in corsivo si riferiscono al valore della curva di diffusione in corrispondenza del tasso massimo di adozione.

Gli stessi dati sono rappresentati nella figura 7.6.

Nella tabella 7.5 come nel resto del presente lavoro considereremo soltanto quei casi in cui un'innovazione profittevole è stata effettivamente adottata dai partecipanti: ignoreremo pertanto quei casi in

Tab. 7.3. Risultati dell'esperimento (aggregati sia rispetto all'insieme dei partecipanti sia delle prove)

<i>i</i>	<i>i/25</i>	<i>GS</i>	<i>GH</i>	<i>GL</i>	<i>TS</i>	<i>TH</i>	<i>TL</i>	<i>ES</i>	<i>EH</i>	<i>EL</i>
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0,04	0	0,1	0	0	0,12	0	0,025	0,065	0
2	0,08	0	0,065	0	0	0	0	0,035	0,2	0
3	0,12	0	0,095	0	0	0	0	0	0,4	0
4	0,15	0	0,09	0	0	0	0	0,04	0,24	0
5	0,19	0	0,2	0	0	0	0	0,04	0,1	0
6	0,23	0	0,15	0	0	0	0	0,05	0	0
7	0,27	0,035	0,133	0	0	0	0	0,05	0	0
8	0,31	0,065	0,067	0	0	0	0	0,05	0	0
9	0,35	0,035	0,033	0	0	0	0	0,05	0	0
10	0,38	0,035	0,033	0	0,03	0	0	0,06	0	0
11	0,42	0,08	0,033	0	0,06	0,28	0	0,08	0	0
12	0,46	0,13	0	0	0,07	0,22	0	0,12	0	0,075
13	0,5	0,15	0	0	0,21	0,15	0	0,2	0	0,225
14	0,54	0,137	0	0	0,18	0,13	0	0,11	0	0,267
15	0,58	0,1	0	0	0,15	0,1	0	0,09	0	0,37
16	0,62	0,073	0	0	0,1	0	0	0	0	0,067
17	0,65	0,07	0	0,06	0,05	0	0	0	0	0
18	0,69	0,057	0	0,07	0,05	0	0	0	0	0
19	0,73	0	0	0,1	0,05	0	0	0	0	0
20	0,77	0	0	0,14	0,05	0	0	0	0	0
21	0,81	0	0	0,19	0	0	0	0	0	0
22	0,85	0,033	0	0,16	0	0	0,34	0	0	0
23	0,88	0	0	0,11	0	0	0,28	0	0	0
24	0,92	0	0	0,07	0	0	0,247	0	0	0
25	0,96	0	0	0,1	0	0	0,133	0	0	0

cui o innovazioni profittevoli non siano state adottate o innovazioni non profittevoli lo siano state.

Si è potuto verificare che non vi sono state circostanze nelle quali innovazioni profittevoli non siano state adottate; mentre nel caso di innovazioni non profittevoli si sono avuti numerosi casi di adozioni «erronee»: un 60% circa in quattro casi. Ciò è sempre avvenuto nel caso «E» (informazione positiva anticipata) e talvolta nel caso «GH» (con combinazione di informazione positiva distribuita su tutto l'intervallo di tempo unita a convincimenti iniziali ottimistici per l'intera industria). Nei casi di «errata» adozione il valore medio del convincimento soglia ( $p^* = 0,60$ ) si è presentato in modo significativamente inferiore rispetto allo stesso valore ( $0,82 < p^* < 0,88$ ) riferito ai casi di adozione «corretta». In generale tuttavia non è stato possibile osservare una stretta correlazione tra i singoli casi ed il convincimento di adozione; tuttavia nelle situazioni di informazione positiva ritardata (casi «T») i partecipanti si sono mostrati più cauti nell'adottare, richiedendo invece ulteriore informazione per decidere.

Tab. 7.4. Processi di diffusione relativi a ciascuna fase dell'esperimento

$i$	$i/25$	GS	GH	GL	TS	TH	TL	ES	EH	EL
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0,04	0	0,1	0	0	0,12	0	0,025	0,065	0
2	0,08	0	0,165	0	0	0,12	0	0,06	0,265	0
3	0,12	0	0,26	0	0	0,12	0	0,06	0,66	0
4	0,15	0	0,35	0	0	0,12	0	0,1	0,9	0
5	0,19	0	0,55	0	0	0,12	0	0,14	1	0
6	0,23	0	0,7	0	0	0,12	0	0,19	1	0
7	0,27	0,035	0,833	0	0	0,12	0	0,24	1	0
8	0,31	0,1	0,9	0	0	0,12	0	0,29	1	0
9	0,35	0,135	0,933	0	0	0,12	0	0,34	1	0
10	0,38	0,17	0,967	0	0,03	0,12	0	0,4	1	0
11	0,42	0,25	1	0	0,09	0,4	0	0,48	1	0
12	0,46	0,38	1	0	0,16	0,62	0	0,6	1	0,075
13	0,5	0,53	1	0	0,37	0,77	0	0,8	1	0,3
14	0,54	0,667	1	0	0,55	0,9	0	0,91	1	0,567
15	0,58	0,767	1	0	0,7	1	0	1	1	0,93
16	0,62	0,84	1	0	0,8	1	0	1	1	1
17	0,65	0,91	1	0,06	0,85	1	0	1	1	1
18	0,69	0,967	1	0,13	0,9	1	0	1	1	1
19	0,73	0,967	1	0,23	0,95	1	0	1	1	1
20	0,77	0,967	1	0,37	1	1	0	1	1	1
21	0,81	0,967	1	0,56	1	1	0	1	1	1
22	0,85	1	1	0,72	1	1	0,34	1	1	1
23	0,88	1	1	0,83	1	1	0,62	1	1	1
24	0,92	1	1	0,9	1	1	0,867	1	1	1
25	0,96	1	1	1	1	1	1	1	1	1

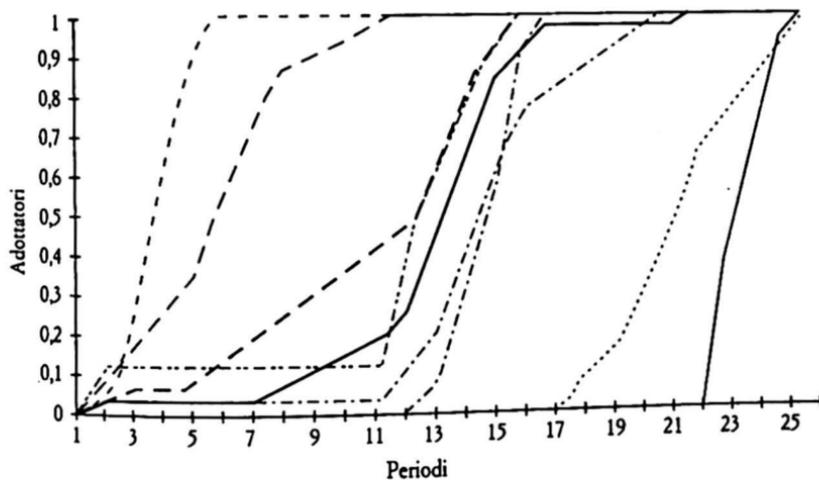
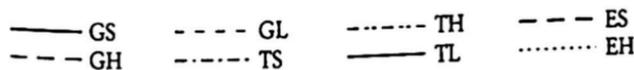


FIG. 7.6.



TAB. 7.5

Esperimenti	Parametri stimati			Punto di flusso	
	$p$	$q$	$a'$	$F(t^*)$	$t^*$
1	27	27	0	0,53	0,5
2	6	25	0,459	0,55	0,19
3	23	6	-0,51	0,56	0,81
4	11	13	0,06	0,37	0,5
5	46	56	0,0385	0,5	0,42
6	53	7	-0,602	0,34	0,85
7	4	6	0,2257	0,8	0,5
8	9	63	0,5237	0,66	0,12
9	72	50	-0,06	0,93	0,58

La stima dei parametri del modello beta ha dato i risultati riportati nella tabella 7.2. Abbiamo eseguito un test  $\chi^2$  sulla significatività dei parametri  $p$  e  $q$ , per tutti i casi nei quali fosse previsto  $F(t^*) \neq 0,5$  e/o  $t^* \neq 0,5$  ponendo come ipotesi nulla i vincoli esposti nella tabella 7.2. Si sono trascurati i casi nei quali il punto di flesso e/o il corrispondente valore della curva fossero previsti esattamente uguali a 0,5, in quanto i valori puntuali riflettono ipotesi forti sulla simmetria della distribuzione temporale delle informazioni  $e(o)$  dei convincimenti iniziali delle imprese. In tutti i casi non è venuta meno la significatività dei parametri stimati della tabella precedente, con valori significativamente al di sopra o al di sotto di 0,5 e ciò in accordo con i vincoli teorici.

I risultati riportati in questo lavoro suggeriscono l'esistenza di una relazione lineare negli effetti congiunti convincimenti-informazioni sulla forma dei processi di diffusione. È risultato evidente che differenze nella distribuzione dei convincimenti iniziali comportano movimenti di tipo orizzontale (a destra o a sinistra) della curva di distribuzione, mentre differenze nel flusso di informazioni spingono il punto di flesso verso l'alto o verso il basso (in modo verticale). Tale risultato deve essere interpretato come una prova di un non rafforzamento cumulativo delle due variabili.

## 5. Commenti e conclusioni

Come si è visto l'approccio storico-econometrico, attraverso la sua impostazione «post factum», non riesce evidentemente a fornire indicazioni circa il modo per misurare né i convincimenti iniziali né la

loro evoluzione. D'altro lato la letteratura teorica riesce a dimostrare che curve di diffusione con forma ad S sono ottenibili soltanto se si assume l'eterogeneità dei convincimenti iniziali. Attraverso gli esperimenti di laboratorio è possibile manipolare ambedue le variabili e cioè sia il tipo di convincimenti iniziali delle imprese che il genere di informazioni riguardo la profittabilità dell'innovazione da adottare.

Attraverso questo lavoro si è mostrato come il modello di Jensen, attraverso opportune ipotesi circa la struttura del flusso informativo e della distribuzione dei convincimenti iniziali delle imprese, riesca a generare un'ampia gamma di curve di diffusione: curve simmetriche, asimmetriche positive, asimmetriche negative, con punto di flesso superiore od inferiore a 0,5. L'insieme delle curve generate dal modello può così essere interpretato come appartenente ad una famiglia di funzioni beta.

Appare a chi scrive che la generalizzazione del modello qui presentata possa essere vista come un promettente punto d'inizio nello studio del più generale tema del cambiamento tecnologico, anche per quanto concerne il lato della domanda di beni di consumo.

## 6. Appendice. Istruzioni per i partecipanti

State per prendere parte ad un esperimento sull'adozione e la diffusione di un'innovazione tecnologica.

Voi assumerete il ruolo di un'impresa che produce un certo bene con una data tecnologia. Sul mercato compare una nuova tecnologia (cioè viene inventata e resa disponibile) con la quale può essere prodotto un bene che è un perfetto sostituto del bene prodotto con la vecchia tecnologia (i consumatori o acquistano il bene vecchio o il bene nuovo, ma non entrambi e neppure rifiutano di acquistare uno dei due). Vi trovate quindi a dover decidere se adottare o meno l'innovazione tecnologica. Di questa vi è noto il costo, tuttavia non potete essere certi se, adottandola otterrete profitti futuri positivi o negativi.

Il calcolatore vi fornisce, piuttosto arbitrariamente, un'opinione iniziale sulla profittabilità dall'adottare la nuova tecnologia (espressa come una probabilità soggettiva a priori).

Contemporaneamente vi vengono date delle informazioni, sotto forma di notizie, sulla «bontà» dell'innovazione. Le notizie possono essere positive o negative. Se sono positive la vostra opinione corrente aumenta, viceversa se le notizie sono negative la vostra opinione diminuisce.

Sulla base delle vostre opinioni è possibile calcolare ad ogni fase il valore atteso dei profitti derivanti dall'adozione della nuova tecnologia in quel momento, così come può essere calcolato il valore atteso dell'adozione nella fase successiva dopo aver avuto una nuova informazione.

Di conseguenza il vostro problema consiste nel decidere se adottare e «guadagnare» i profitti attesi, oppure aspettare ed ottenere delle notizie ulteriori sulla «bontà» dell'innovazione.

Il calcolatore oltre a farvi i calcoli simula l'azione di altri dieci imprese. Ognuna di queste imprese deve affrontare il vostro stesso problema decisionale. L'unica differenza consiste nell'opinione iniziale sulla profittabilità dall'adozione della nuova tecnologia: ogni impresa ha un'opinione iniziale differente. Sullo schermo potrete osservare la percentuale delle altre imprese che hanno adottato la nuova tecnologia.

L'esperimento consiste nella ripetizione per un certo numero di volte dello stesso problema decisionale. Ad ogni ripetizione varieranno solo le opinioni iniziali, sia le vostre che quelle delle imprese simulate, e la sequenza delle notizie sulla bontà dell'innovazione.

Insieme a queste istruzioni vi è stato consegnato un foglio bianco sul quale vi chiediamo di riportare le ragioni per cui di volta in volta deciderete di aspettare o di adottare.

Quella che segue è la descrizione della videata sulla quale dovete operare, si parte dall'angolo in alto a sinistra verso destra e dall'alto in basso:

- 1) la dicitura (*standalone*) si riferisce al tipo di esperimento in corso;
- 2) il campo (*game No*) indica la prova corrente nell'ambito dell'esperimento (max. 90);
- 3) il campo (*round No*) indica la fase corrente del processo (max. 25);
- 4) sotto al grafico è riportata la vostra opinione iniziale (*your initial belief*) circa la profittabilità futura dell'innovazione. È compresa tra zero e uno;
- 5) la vostra opinione corrente (*your current belief*) dipende dalle opinioni iniziali e dal tipo di informazioni (vedi punto 6) che avete ricevuto volta per volta;
- 6) sulla destra dello schermo trovate due colonne nelle quali, fase per fase, compaiono dei numeri. La prima colonna (*news*) si riferisce al tipo di informazione che si è reso disponibile sulla profittabilità futura dell'innovazione: se compare 1 significa che l'informazione è positiva, se compare 0 l'informazione è negativa;

7) nella seconda colonna (*current belief*) viene riportato di volta in volta il valore comparso nel campo di cui al punto 5;

8) il grafico al centro dello schermo intitolato (*plot of current beliefs*) riporta, periodo per periodo, lo stato corrente delle vostre opinioni (in percentuale sul totale) sulla profittabilità della nuova tecnologia, si tratta del grafico dei valori del punto precedente;

9) il tasto (*parameters*) consente di visualizzare i parametri del programma;

10) con il tasto (*help*) potete aprire una finestra nella quale troverete le informazioni sull'esperimento in corso. In pratica ripete una parte di quanto è scritto in queste istruzioni;

11) con il tasto (*plot*) potete passare ad un'altra videata con un grafico dei profitti attesi periodo per periodo, inoltre:

11a) le due colonne sopratitolate (*past expected returns (adopting) (waiting)*) riportano rispettivamente la serie storica dei profitti attesi che si avrebbero avuti dall'aver adottato o dall'aver atteso un periodo ulteriore per tutte le fasi precedenti a quella attuale;

11b) nei campi (*your current expected return from: (waiting one more step) (adopting now)*) compaiono i valori dei profitti attesi che si avrebbero dall'adottare nel periodo corrente o dall'attendere un periodo ulteriore. Fin tanto che deciderete di attendere i valori che compaiono in questi due campi vanno ad aggiornare le serie di cui al punto 11a);

12) il tasto (*reset*) consente di re-iniziare tutto il processo. Usatelo solamente quando ve lo dice lo sperimentatore!

13) il tasto (*quit*) consente di terminare l'esperimento tornando alla videata iniziale. Usatelo solamente quando ve lo dice lo sperimentatore!

14) infine, in basso a destra ci sono due bottoni (*yes*) e (*no*) relativi alla decisione da prendere: se adottare l'innovazione o non adottarla.

Di conseguenza, dovete fare «click» su NO fin tanto che ritenete che aspettare possa darvi un profitto atteso superiore al profitto atteso corrente. Dovete invece fare «click» su YES quando, e se, raggiungete una fase oltre la quale ritenete che profitti attesi divengano inferiori a quello corrente.

Dall'interno del programma potrete richiamare quest'ultima parte delle istruzioni.

I valori dei rendimenti che compaiono nell'esperimento sono espressi in una unità di misura qualsiasi. I risultati che otterrete verranno confrontati con quelli realizzati dagli altri partecipanti all'esperimento.

Buon lavoro e grazie per aver voluto partecipare!

## Riferimenti bibliografici

- Arrow, K. J. (1962), *Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention*, in *The Rate and Direction of Inventive Activity*, Princeton.
- David, P. (1966), *The Mechanization of Reaping in the Ante-Bellum Midwest*, in Rosovsky H. (a cura di), *Industrialization in Two Systems: Essays in Honor of Alexander Gerschenkron*, New York.
- De Finetti, B. (1931), *Sulla determinazione dei parametri di una curva logistica*, in «Annali di Statistica».
- Elderton, M., Johnson, P. H. (1969), *System of Frequency Curves*, London.
- Griliches, Z. (1960), *Hybrid Corn and the Economics of Innovation*, in «Science».
- Habakkuk, H. J. (1962), *American and British Technology in the Nineteenth Century*, Cambridge.
- Jensen, R. (1982), *Adoption and Diffusion of an Innovation of Uncertain Profitability*, in «Journal of Economic Theory».
- Kamien, M. J., Ore, S. S., Tauman, Y. (1992), *Optimal Licensing of Cost-Reducing Innovation*, in «Journal of Mathematical Economics».
- Kormendi, R. C., Plott, C. R. (1982), *Committee Decisions Under Alternative Procedural Rules*, in «Journal of Economic Behaviour and Organization».
- Mansfield, E. (1961), *Technical Change and the Rate of Imitation*, in «Econometrica».
- Plott, C. R. (1989), *An Updated Review of Industrial Organization: Applications of Experimental Methods*, in Schmalensee, R., Willig, R. D. (a cura di), *Handbook of Industrial Organization*, vol. 2, Amsterdam.
- Salter, W. E. G. (1960), *Productivity and Technical Change*, Cambridge.
- Temin, P. (1964), *A New Look at Hunter Hypothesis about the Ante-Bellum Iron Industry*, in «American Economic Review P&P».
- US Department of Agriculture (vari anni), *Statistical Bulletin*.
- Walker, J., Smith, V., Cox, J. (1990), *Inducing Risk-Neutral Preferences. An Examination in a Controlled Environment*, in «Journal of Risk and Uncertainty».