

Ceris-Cnr, W.P. N° 1/2005

Gli approcci biologici nell'economia dell'innovazione

[Biological Approaches within the Economics of Innovation]

Mario Coccia

*National Research Council of Italy
Ceris-Cnr - Institute for Economic Research on Firms and Growth
Via Real Collegio, 30 – 10024 Moncalieri (To) – Italy
Tel.: +39.011.6824.925; Fax: +39.011.6824.966
email: m.coccia@ceris.cnr.it*

Abstract. The innovation is a main variable of the economic growth, but the origin and diffusion of innovations are functions of several variables. For this reason, the contributions of other disciplines have been used to understand in depth its behaviour and spatial-temporal dynamic. The aim of this paper is to investigate as the biological approaches have affected the economic thought and the development of the economics of innovation. This research shows as, since 1957 the patterns of technological diffusion are originated from researches on allometric growth and epidemiology carried out, from 1920 to 1945, by Huxley, Reeve and other biologists of the Oxford research institute of zoology. This paper also focuses the historical aspects of the evolutionary theory of economic change, developed by Nelson and Winter in 1970s which drew one's inspiration from natural selection of Darwin's theory (1859). Although these arguments are still a matter of intense controversy within the history of the economic thought, the relation between economics and biology has played a fundamental role to analyse some complex economical phenomena and for establishing the knowledge basis of a new theory of technological and economic change.

Keywords: Innovation, Biology, Economics, Evolutionary theory, Diffusion, Firm, Allometry

JEL Codes: B2, C6, D00, O3

We wish to thank Prof. Secondo Rolfo for suggestions to a preliminary version of this paper, Silvana Zelli and Maria Zittino (Ceris-Cnr) for the research assistance. Of course, any errors are my sole responsibility.

WORKING PAPER CERIS-CNR
Anno 7, N° 1 - 2005
Autorizzazione del Tribunale di Torino
N. 2681 del 28 marzo 1977

Direttore Responsabile
Secondo Rolfo

Direzione e Redazione
Ceris-Cnr
Istituto di Ricerca sull'Impresa e lo Sviluppo

Sede di Torino
Via Real Collegio, 30
10024 Moncalieri (Torino), Italy
Tel. +39 011 6824.911
Fax +39 011 6824.966
segreteria@ceris.cnr.it
<http://www.ceris.cnr.it>

Sezione di Ricerca di Roma
Istituzioni e Politiche per la Scienza e la Tecnologia
Via dei Taurini, 19
00185 Roma, Italy
Tel. 06 49937810
Fax 06 49937884

Sezione di Ricerca di Milano
Dinamica dei Sistemi Economici
Via Bassini, 15
20121 Milano, Italy
tel. 02 23699501
Fax 02 23699530

Segreteria di redazione
Maria Zittino e Silvana Zelli
m.zittino@ceris.cnr.it

Distribuzione
Spedizione gratuita

Fotocomposizione e impaginazione
In proprio

Stampa
In proprio

Finito di stampare nel mese di July 2005

Copyright © 2005 by Ceris-Cnr

All rights reserved. Parts of this paper may be reproduced with the permission of the author(s) and quoting the source.
Tutti i diritti riservati. Parti di questo articolo possono essere riprodotte previa autorizzazione citando la fonte.

INDICE

Introduzione.....	5
1. I primi concetti di biologia in economia e l'istituto di zoologia di Oxford.....	6
1.1. <i>L'epidemiologia nella diffusione delle innovazioni.....</i>	<i>8</i>
1.2. <i>La crescita allometrica nella diffusione spaziale dell'innovazione tecnologica</i>	<i>10</i>
2. La teoria evolutiva nell'analisi del cambiamento economico.....	12
2.1. <i>L'apprendimento e le basi cognitive delle imprese.....</i>	<i>13</i>
3. Considerazioni conclusive	16
Appendice I: Darwin e Larmarck a confronto	18
Appendice II: Modello di Lotka-Volterra	18
Riferimenti bibliografici	21
Working Paper Series (2005-1993)	I-VI

Introduzione

L' economia dell'innovazione è una fertile area di specializzazione, di recente formazione, nell'ambito della teoria economica. Questa disciplina, verso la metà del XX secolo, è emersa come una distinta area di indagine grazie all'incontro di diverse discipline, quali l'economia industriale, la sociologia economica, la storia della tecnologia, la teoria dell'impresa, il management della tecnologia e così via. L'interazione con altre scienze è stata sempre un costante stimolo per questa branca dell'economia. L'origine dell'innovazione tecnologica, nel sistema economico, nasce dalla sinergia del trinomio tecnologia-economia-istituzioni che dà luogo ad una complessità tale che il fenomeno innovativo è difficile investigarlo con gli strumenti di una sola disciplina. Questo ha spinto molti studiosi a prendere in prestito concetti e metodologie di altre scienze per capire le dinamiche sottostanti l'innovazione tecnologica.

Il presente articolo si propone di analizzare l'influenza degli approcci biologici (Spencer, 1865) sull'economia dell'innovazione, partendo dalle prime intuizioni di Veblen (1899; 1904) e Hayek (1949), fino ad arrivare ai recenti sviluppi della teoria evolutiva (Nelson e Winter, 1982). Il presente lavoro si concentrerà sull'influenza che ha avuto l'approccio biologico soprattutto nella diffusione dell'innovazione e nella teoria comportamentistica dell'impresa.

Gli approcci evolutivi nascono con la famosa teoria dell'evoluzione di Darwin¹ (Appendice I). Il naturalista inglese nella sua opera del 1859 fu influenzato dalla lettura del Saggio sulla popolazione di Thomas Robert Malthus (1798) che gli suggerì

il meccanismo attraverso cui la selezione agisce in natura: la lotta per la sopravvivenza. Infatti nell'introduzione del libro *The Origin of Species*, dice a proposito di Malthus:

"This is the doctrine of Malthus, applied to the whole animal and vegetable kingdoms."

Mentre nel Capitolo 3 afferma:

"It is the doctrine of Malthus applied with manifold force to the whole animal and vegetable kingdoms."

Questa osservazione mostra come fin dalle origini fra biologia ed economia c'è sempre stata una fertilizzazione incrociata che ha portato allo sviluppo delle due discipline (Hodgson, 1995). Inoltre, anche nell'opera del 1871, *The descent of men and selection in relation to sex*, Darwin elaborò una teoria che è molto più applicabile a caratteristiche culturali che genetiche. Infatti, Popper (1935; 1972) considera il progresso scientifico come un processo cumulativo di selezione simile alla selezione naturale di Darwin, gettando nuova luce sui concetti evolutivi dello sviluppo della cultura umana. Popper propose la selezione naturale delle ipotesi sostenendo che la nostra conoscenza è formata da quelle ipotesi che hanno subito un adattamento attraverso il meccanismo della sopravvivenza. Campbell (1960), dopo i lavori di Veblen (1904) e Hayek (1949), reintrodusse le idee di Darwin nelle scienze sociali. Egli sosteneva che il Darwinismo conteneva una teoria generale dell'evoluzione dei sistemi complessi di cui l'evoluzione organica è solo un esempio. Infatti, le ipotesi che hanno pavimentato la strada principale dei moderni pensatori dell'evoluzione culturale iniziano proprio con Campbell (1960) che coniava il termine di Epistemologia evolutiva per caratterizzare l'epistemologia di Popper. Campbell difendeva la teoria della selezione, sostenendo che tutta la progettazione innovativa è prodotta da una variazione+ selezione+trasmissione dei processi. I più importanti argomenti introdotti da Campbell sono (Devezas, 2004):

- Il processo di conoscenza evolve attraverso l'eredità-acquisita (forze vicarie) e l'apprendimento di forze psicologiche che agiscono come surrogati della selezione naturale;
- Il processo di evoluzione genetica, la più importante delle forze evolutive, capace di cambiare la frequenza dei geni e innescare l'evoluzione, è formato dalla mutazione, azione

¹ C. Darwin nasce il 12 febbraio 1809 in Shrewsbury, Inghilterra. Darwin all'età di 16 anni frequentò l'università di Edimburgo per studiare medicina, senza completare gli studi. Successivamente fu studente dell'università di Cambridge per diventare un ecclesiastico. Dopo essersi laureato, accettò nel 1831 l'invito ad imbarcarsi sul Beagle come naturalista di una missione scientifica. Durante il viaggio fu in contatto col prof. Henslow della Cambridge University al quale spediva regolarmente modelli raccolti durante la spedizione. Nel 1859 pubblicò il suo libro "On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life". In seguito Darwin (1871) affrontò anche il tema dell'origine dell'uomo in "Descent of Man and Selection in Relation to Sex" dove formulò la concezione naturalistica dell'uomo e illustrò il principio di continuità con gli animali.

genetica, flusso genetico e selezione naturale. L'evoluzione tecnologica (e culturale nel suo complesso) è soggetta oltre che a queste quattro forze, anche a diverse forze vicarie. Le persone sono soggette alla selezione naturale e consciamente ed inconsciamente fanno scelte sulla base di un processo di apprendimento sia su loro stessi, sia sugli altri.

Gli argomenti di Campbell sono tuttora oggetto di un'intensa controversia poiché alcuni studiosi rigettano il Darwinismo per il fatto di non prendere in considerazione l'intenzionalità umana.

Il termine attuale di economia evolutiva non è solo riservato alla stretta applicazione di metafore biologiche allo studio dell'economia (Limoges e Ménard, 1994) ma, è spesso anche associato all'economia che si focalizza sull'evoluzione come un processo di cambiamento qualitativo e sull'analisi delle sue componenti tecnologiche ed istituzionali (Fagerberg e Verspagen, 2002). Questi contributi traggono ispirazione dalla nozione di disequilibrio dinamico di Schumpeter (1911; 1939; 1942) risultante dall'introduzione delle innovazioni di base (Freeman e Soete, 1987; 1990; Dosi, 1988; Dosi *et al.*, 1990). Nella letteratura dell'economia evolutiva il sistema sociale è composto da differenti domini, come ad esempio il dominio istituzionale (Perez, 1983), scientifico, tecnologico, economico e culturale che sono separati e caratterizzati da una propria sfera di autonomia (Freeman e Louçã, 2001). Ogni dominio ha le sue dinamiche e i suoi processi che esercitano un'influenza sugli altri domini, nonché sottosistemi, formando in tal modo una macro-struttura. L'idea degli approcci evolutivi nello spiegare i fenomeni economici nasce dal fatto che i modelli tradizionali, basati sui soli fattori economici (come ad esempio: ricerca e sviluppo, capitale, investimenti, lavoro, ecc.), forniscono una limitata spiegazione degli stessi fenomeni e dei processi di crescita (Witt, 2003). L'importanza degli approcci biologici nell'economia dell'innovazione si è inoltre rafforzata per le lacune e critiche verso l'economia standard. Carlaw e Lipsey (2002), ad esempio, criticano le assunzioni dell'economia ortodossa che afferma come la diffusione dell'innovazione sia completamente catturata nel concetto formale delle esternalità positive. Usando esempi storici ed enfatizzano l'importanza delle

General Purpose Technologies – GPT² (nozioni simili ai regimi e paradigmi tecnologici), essi sostengono che la diffusione delle innovazioni di questi GPT crea un ambiente fertile per ulteriori cluster di invenzioni ed innovazioni. Questi limiti hanno spinto molti economisti a spiegare la diffusione dell'innovazione, nonché altri fenomeni economici, ricorrendo ad analogie con la biologia. Il presente lavoro farà una disamina delle origini degli approcci biologici nell'economia dell'innovazione, concentrandosi, in particolare, sulle influenze prodotte nel processo di diffusione dell'innovazione (sezione 2) e nel comportamento dell'impresa (sezione 3). Una discussione ed alcuni aspetti conclusivi mostrano le principali critiche emerse nella storia del pensiero economico verso le teorie evolutive, nonché le nuove prospettive in economia.

1. I primi concetti di biologia in economia e l'istituto di zoologia di Oxford

I primi contributi di approcci biologici nell'economia risalgono ai lavori di Veblen e Schumpeter che risposero in maniera diversa alle sfide darwiniane. Thorstein Veblen, nacque negli Stati Uniti nel 1857 da emigranti Norvegesi di origini contadine. Egli criticò in diversi articoli il sistema economico classico, in quanto non rispondente ad una logica della ricerca della verità e della realtà, ma solo ad una celebrazione di convinzioni approvate. Criticava una concezione della teoria economica statica rispetto alla vita economica che è in continua evoluzione. I suoi contributi più originali sono presenti nei libri *The theory of the leisure class* (1899) e *The theory of business enterprise* (1904). Egli fu entusiasta di adottare la prospettiva darwiniana nell'economia, come emergeva dal suo manifesto e dai suoi principali lavori, anche se fallì nel produrre una teoria sistemica³. Schumpeter (1911, 1939, 1942), invece, negava l'importanza della teoria darwiniana per comprendere l'evoluzione economica, anche se alcuni suoi seguaci, come si vedrà in seguito (Nelson, 1995;

² *General purpose technologies* sono caratterizzate da una forte pervasività e rendimenti di scala crescenti (Bresnahan e Trajtenberg, 1995); esempi sono il motore a vapore o elettrico, semiconduttori, ecc.

³ Importante al riguardo è il suo articolo Veblen (1898) "Why is economics not an evolutionary science?" *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 12.

Nelson e Winter, 1982; 2002), utilizzarono dei concetti della teoria evolutiva per spiegare il comportamento dell'impresa in un ambiente turbolento.

Un altro studioso che utilizzò concetti della biologia in economia fu Hayek (1949). Nella sua teoria dell'evoluzione culturale sosteneva che le regole, norme e procedure evolvono attraverso un processo di selezione naturale operante a livello di gruppo. I gruppi che hanno regole e procedure più efficienti tendono a crescere, moltiplicarsi e rimuovere gli altri gruppi. Secondo alcuni la teoria di Hayek è ispirata sia al pensiero di Carr-Saunders (1922), conosciuto durante la sua attività ventennale presso la London School of Economics, sia agli studi dell'istituto di zoologia di Oxford (Angner, 2002). La letteratura tradizionale sostiene, invece, che l'influenza sull'opera di Hayek proveniva da Menger e dai filosofi morali inglesi del diciottesimo secolo.

I concetti evolutivi di questi economisti, come dei biologi, furono inizialmente elaborati in forme verbali e solo dopo molti anni furono costruiti algoritmi e modelli matematici. Infatti, le formalizzazioni matematiche di ispirazione evolutiva sono apparse nelle scienze sociali negli anni Sessanta e furono sviluppate dai biologi matematici fra il 1920-1930. Le prime formalizzazioni (algoritmi) del pensiero evolutivo in biologia si devono a Ronald Aylmer Fisher (1958), nato il 17 febbraio 1890 a East Finchley (Londra). Egli fu dal 1919 al 1933 docente presso la stazione sperimentale di Rothamsted, poi, dal 1933 al 1943, a capo del dipartimento di eugenetica all'University College of London e infine, dal 1943 al 1957 titolare della cattedra di genetica a Cambridge. Nel 1918 dimostrò matematicamente che i caratteri genetici (argomento di forte interesse per il darwinismo sociale) seguivano le regole indicate da Mendel e si distribuivano secondo una curva di Gauss. Fisher nel suo opuscolo "*The genetical theory of natural selection*" introduceva quelle che sono ora chiamate *replicator equations*, necessarie a catturare *the survival of the fittest*. La sua abbondante produttività scientifica fu associata ad importanti cariche. Infatti egli fu anche presidente della *Royal Statistical Society*, presidente della *Société de Biométrie* e presidente dell'*Istituto internazionale di Statistica* (IIS).

Nello stesso periodo, non motivati da concetti evolutivi, il demografo americano Lotka (1924) e

il matematico italiano Volterra (1926)⁴, elaborarono in maniera indipendente il primo modello consumatore-risorsa (o preda-predatore), conosciuto col nome di modello di Lotka-Volterra. Nella versione proposta dagli autori, l'accrescimento della risorsa era di tipo malthusiano (Malthus, 1798) e questa semplificazione matematica produceva alcuni comportamenti singolari. Pur non essendo il modello molto realistico perché non riflette la realtà biologica, ha il gran pregio di permettere un'analisi semplice (Appendice II). In quello stesso periodo, il demografo e biologo americano Pearl (1925) nel suo lavoro "*The biology of population growth*" richiamava l'attenzione sul fatto che la crescita della popolazione è essenzialmente un fenomeno di tipo biologico e coinvolge il processo naturale di riproduzione e selezione. Egli osservava come tutti i processi di crescita potevano essere descritti da una curva logistica o equazione di Verhulst (che è un caso particolare dell'equazione di Lotka-Volterra, quando una sola popolazione è in competizione per delle risorse limitate in una data nicchia).

Importanti contributi all'economia provengono dagli studi nel campo dei metodi allometrici, grazie ai lavori sviluppati dagli inglesi Huxley (1932), Reeve e Huxley (1945) ed altri biologi inglesi dell'Istituto di zoologia di Oxford. Siccome quest'istituto ha avuto un'importante influenza sugli studi dell'economia dell'innovazione, a partire dagli anni Cinquanta, si ritiene opportuno descrivere brevemente la sua storia, nonché gli scienziati che si sono susseguiti nella sua prestigiosa struttura. Il dipartimento di zoologia di Oxford ha le sue origini nel 1857, quando George Rolleston diventa il primo Linacre Professor⁵. Questo coincideva con l'apertura del museo, basato sulla ricerca ed insegnamento della zoologia. A partire dal 1960 i

⁴ Vito Volterra (Ancona 1860 - Roma 1940). Volterra divenne professore di meccanica razionale all'università di Pisa a soli 23 anni. Dopo essere stato all'università di Torino, vinse la cattedra di fisica matematica nell'università di Roma nel 1900. Le sue ricerche spaziavano dall'analisi funzionale, alle equazioni integrali ed integro-differenziali, dalla teoria dell'elasticità, alla biologia matematica. Intensissima la sua attività; fu, tra l'altro, senatore del Regno, membro della Accademia Pontificia, presidente dell'Accademia Nazionale dei Lincei, del Consiglio Nazionale delle Ricerche, e presidente del prestigioso Bureau International des Poids et Mesures.

⁵ La cattedra Linacre di zoologia deve il suo nome a Thomas Linacre (1460-1524), fisico di Enrico VIII e fondatore del Royal College of Physician.

membri del dipartimento sono stati responsabili di importanti ricerche avanzate nella zoologia, come pure della formazione di grandi scienziati. Attualmente il dipartimento svolge ricerche su 5 principali temi (evoluzione, sviluppo, comportamento, ecologia e malattie). Uno dei primi biologi della scuola fu Carr-Saunders. Egli fu un biologo, demografo e sociologo. Nacque nel 1886, fu educato ad Eton e all'Università di Oxford, dove si dimostrò un eccellente studente di biologia. Fu assistente di laboratorio di zoologia dal 1921 al 1923 e successivamente accettò la cattedra in scienze sociali all'università di Liverpool. Nel 1937 diventò direttore della London School of Economics dove rimase fino al 1957. Egli è anche conosciuto per il suo importante ruolo nel movimento britannico di eugenetica. Il lavoro di Carr-Saunders *The population problems* (1922) fu un trattato che pone i problemi della popolazione in una nuova prospettiva storica ed evolutiva, anticipando il concetto di evoluzione culturale di Hayek. Il pensiero evolutivo di Carr-Saunders fu influenzato a sua volta dal libro di Darwin *The descend of Man* (1871) che diverse volte invoca nel suo trattato per supportare la sua teoria. Carr-Saunders e Hayek credono entrambi che l'evoluzione culturale derivi da una selezione di gruppo piuttosto che da una selezione individuale. La selezione opera sulle regole e tradizioni dei differenti gruppi e le caratteristiche che emergono possono essere acquisite per ereditarietà. Altri importanti zoologi che influenzarono il pensiero degli economisti del XX secolo, sono tutti dell'istituto di zoologia di Oxford; fra essi ci sono: Huxley, Hardy, Reeve, Wynne-Edwards (Angner, 2002).

Julian S. Huxley nasce nel 1887 e arriva ad Oxford da Eton (Zuckerman, 1986); nipote del grande biologo inglese Thomas H. Huxley (1825-1895), difensore di Darwin. J. Huxley si laureò in zoologia nel 1909 e successivamente vinse una borsa di studio che gli permise di lavorare presso l'istituto di biologia marina di Napoli. Ritornò presso l'istituto di zoologia di Oxford come lettore nel 1912 e in seguito diventò professore al King's College di Londra. Nel 1947-48 fu il primo direttore generale dell'UNESCO. I suoi concetti di selezione di gruppo e del comportamento che forma l'evoluzione furono molto influenzati dai lavori di Carr-Saunders (1922). I lavori di Huxley del 1932, come quello in collaborazione con Reeve del 1945, ebbero una grande influenza nell'analisi economica. Il primo ad essere influenzato fu Hayek (1949)

che citava spesso Huxley nel supportare la sua idea di selezione di gruppo. Invece, il lavoro di Reeve e Huxley (1945) fu ripreso da Sahal (1981) ed altri studiosi della teoria sistemica per spiegare la diffusione spaziale dell'innovazione, come si vedrà in seguito. Huxley durante la sua permanenza a Oxford fu tutore di diversi studenti che diventarono successivamente dei promettenti zoologi, come ad esempio Elton, Wynne-Edwards e Hardy (Baker, 1976). I principali contributi degli studiosi dell'Istituto di zoologia di Oxford si ebbero intorno al 1920-30, durante un periodo di duri attacchi ai concetti dell'evoluzione e quando Oxford era considerata come la principale roccaforte delle teorie di Darwin. L'istituto di zoologia di Oxford è anche rinomato poiché nel suo staff lavorarono, oltre ai grandi zoologi suddetti, due premi Nobel: Peter Medewar per gli studi sul sistema immunitario e Niko Tinbergen per aver fondato la scienza dell'etologia.

1.1. L'epidemiologia nella diffusione delle innovazioni

L'innovazione tecnologica nel quadro teorico dell'economia neoclassica è interpretata da uno schema molto fragile e di tipo statico. Questa struttura è in difficoltà nel dover analizzare il fenomeno della diffusione dell'innovazione che la storia della tecnologia ha dimostrato essere molto dinamico. Le ipotesi neoclassiche considerano la conoscenza scientifica liberamente e ugualmente accessibile per tutti gli imprenditori (questo rende, chiaramente, la diffusione dell'innovazione immediata e generale). Questa impostazione non trova riscontro nella realtà. L'invenzione, e di conseguenza l'innovazione, non è liberamente e completamente accessibile all'impresa, basta considerare l'esempio dell'invenzione tutelata da un brevetto, o quando essa è frutto dell'attività di R&S interna ad un'altra impresa. In tal caso non è disponibile facilmente per le altre imprese. Lo schema neoclassico è tale da neutralizzare la natura dinamica dell'innovazione tecnologica e della sua diffusione. Questi limiti dell'impostazione neoclassica hanno portato alcuni economisti ad analizzare il fenomeno della diffusione dell'innovazione con concetti di tipo evolutivo, mutuati dalla biologia. In questa sezione si descriveranno due tipologie di questi modelli: a) il modello classico o epidemico della diffusione, messo a punto da Mansfield

(1968); b) il modello di diffusione dell'approccio sistemico che nella sua dimensione spaziale (Sahal, 1981) è ispirato agli studi dell'istituto di zoologia di Oxford (Reeve e Huxley, 1945).

L'innovazione tecnologica, nell'approccio neoclassico, è composta da una serie di elementi, fra cui l'informazione. I primi studi sulla diffusione delle informazioni si devono ai geografi della scuola svedese di Lund, guidata da Hägerstrand. Brown (1968a, b), geografo americano dell'Ohio State University, nel 1966 svolse la sua dissertazione di laurea sulla comunicazione della tecnologia proprio a Lund, sotto la guida del grande geografo Hägerstrand. Egli fu tra i primi che fece ricorso ai concetti dell'epidemiologia⁶ per comparare la diffusione dell'informazione con la trasmissione delle malattie da individui infetti ad altri non infetti. Un altro importante contributo all'analisi del processo di diffusione della tecnologia si deve agli studi di Zvi Griliches (1930-1999). L'economista americano, nato in Lithuania, prese il suo PhD in Economics all'Università di Chicago con una tesi su *Hybrid Corn: An Exploration in the Economics of Technological Change*, dove dimostrò come certi tipi di processi di diffusione possono essere adeguatamente descritti in termini di sviluppo logistico (Griliches, 1957).

A parte la terminologia usata, dopo gli anni Cinquanta si iniziava a concordare sul fatto che la diffusione dell'innovazione tecnologica nel tempo è rappresentata in modo soddisfacente dalla curva logistica. Il modello può essere descritto semplicemente se si suppone che la decisione di un'azienda singola di adottare una nuova tecnica dipende dal numero di aziende che già la usano; in tal caso il tasso di diffusione dell'innovazione ad un dato momento è:

$$N'(t) = rN(K - T)$$

che rappresenta il modello usato per simulare il processo di diffusione. Nel modello:

$$N'(t) = N_t - N_{t-1}$$

è la variazione del numero di adottanti;

r = coefficiente di adozione;

K = livello di saturazione o di equilibrio detto anche "potenziale applicativo" (numero o percentuale di equilibrio dei potenziali adottatori cui la logistica tende asintoticamente).

N = una misura del livello di diffusione: volume di adozione della tecnica.

La soluzione di questa equazione differenziale è la ben nota funzione logistica:

$$N = \frac{K}{1 + a \cdot e^{-bt}}$$

dove:

a = costante dipendente dalle condizioni iniziali;

b = $r \cdot K$ (misura le velocità del processo di diffusione).

La curva logistica è una curva simmetrica (con una doppia rotazione degli assi di 180°) a forma di S (Fig. 1a) che in termini matematici esprime la forma di un fenomeno che passa da un punto di equilibrio ad un altro, attraverso un percorso di transizione continua. Frequentemente le ricerche empiriche sui processi di diffusione di innovazioni evidenziano un elemento di asimmetria. In tali casi, chiaramente, l'uso della funzione logistica risulta inadatto e un modello più aderente ai dati è quello che utilizza curve asimmetriche a forma di S come quella prodotta da Gompertz (Fig. 1b) o la funzione di distribuzione cumulativa log-normale, ecc. La scelta di uno specifico modello deve essere fatta sulla base di una serie di principi ex-ante, anche se attualmente c'è una carenza teorica nel definire la forma funzionale del processo di diffusione.

⁶ L'epidemiologia è la scienza che studia la frequenza e la distribuzione delle malattie nel tempo e nello spazio.

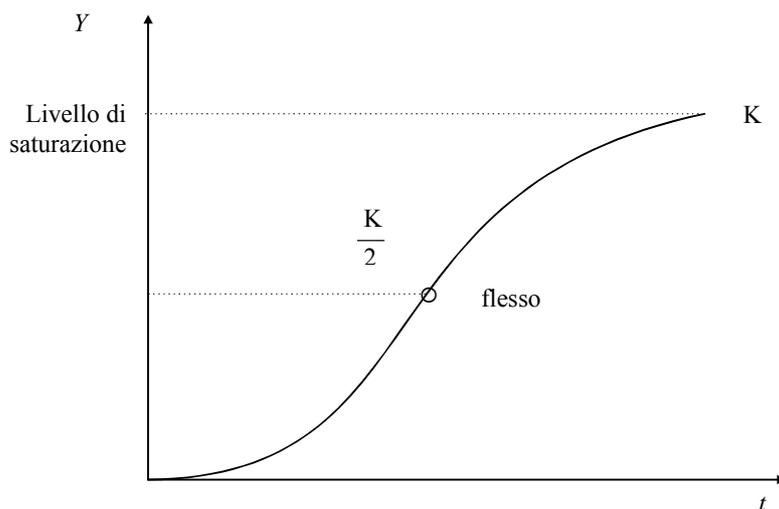


Figura 1a: Diffusione dell'innovazione secondo una curva logistica (simmetrica-S)

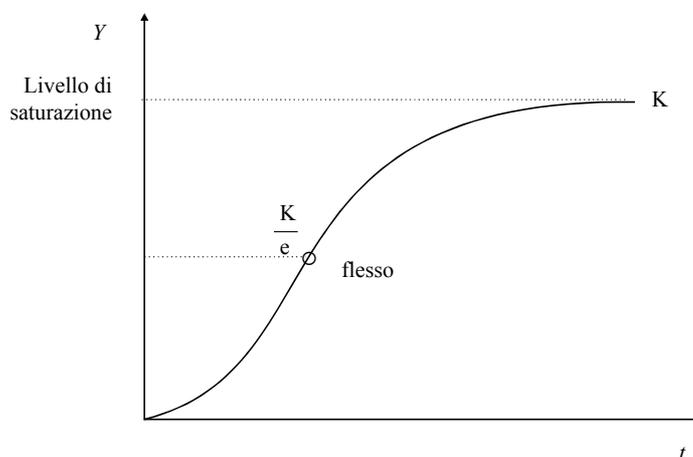


Figura 1b: Diffusione dell'innovazione secondo una curva di Gompertz (asimmetrica-S)

1.2. *La crescita allometrica nella diffusione spaziale dell'innovazione tecnologica*

A partire dagli anni Settanta le equazioni di Volterra-Lotka iniziavano a trovare numerose applicazioni nel campo del *management of technology* e nella descrizione della competizione fra innovatori. Il primo lavoro pionieristico fu di Fisher e Pry (1971) che dimostravano la validità dell'equazione logistica normalizzata nei processi di sostituzione tecnologica e nella diffusione delle innovazioni tecnologiche di base. Questo modello fu ripreso negli anni Ottanta dall'economista indiano Sahal (1981) nell'ambito della teoria sistemica

dell'innovazione tecnologica. Questa teoria considera il processo di diffusione strettamente collegato al processo di sviluppo tecnologico. Di conseguenza la diffusione è meglio concepita come un processo di sostituzione di una vecchia tecnologia con una nuova. Ciò comporta un processo di instabilità riguardante la transizione da un livello di equilibrio corrispondente all'uso di una tecnica esistente (vecchia), ad un altro livello di equilibrio corrispondente all'uso di una nuova tecnica. La concezione sistemica del processo di diffusione è operativa con due modelli quantitativi di sostituzione tecnologica, uno focalizzato sugli aspetti temporali, l'altro su quelli spaziali. Il primo mo-

dello riprende quello elaborato da Fisher e Pry nel 1971. Il secondo modello mette a fuoco gli *aspetti spaziali* e riprende l'analisi dei biologi Reeve e Huxley (1945) sui cambiamenti morfologici dell'organismo attraverso i modelli della crescita allometrica⁷. Huxley nel 1936, in collaborazione con Teissier, conio il termine "Allometria" che è lo studio della crescita relativa di parti del corpo, correlati con i cambiamenti della dimensione totale. Nel 1932 aveva messo a punto un modello per comparare la crescita relativa di due parti del corpo (di cui uno era la struttura complessiva dell'animale). Il modello denominato di crescita allometrica, era il seguente:

$$Y = bX^{a/c}$$

dove a e c sono i tassi di crescita delle due parti del corpo. Trasformando il modello in scala logaritmica si ha:

$$\log Y = \text{Log} b + k \text{Log} X \text{ con } k = \frac{a}{c}$$

k = tasso di crescita allometrica.

Questo modello fu applicato nella diffusione spaziale dell'innovazione, *mutatis mutandis*. In tal caso le variabili sono divise in:

Indicatori diretti

$X(t)$ = Volume di adozione di una nuova tecnica al tempo t ; (es. numero di trattori nelle fattorie all'istante t);

$Y(t)$ = Volume d'uso di una vecchia tecnica al tempo t ; (es. numero di cavalli nelle fattorie al tempo t).

Indicatori indiretti (nel caso di mancanza di dati)

F = frazione del totale di output prodotto dalla nuova tecnica.

Il modello di diffusione spaziale qui di seguito presentato, è formalizzato con gli indicatori diretti che considerano come chiave concettuale del pro-

⁷ Si ha *crescita* quando il sistema evolve con i caratteri di proporzionalità fra tutti i componenti della struttura e i suoi elementi sono connessi da interdipendenze che non mutano la struttura. Si ha *sviluppo* allorchè nel sistema intervengono trasformazioni anche profonde; il processo è di tipo rivoluzionario e all'interno della struttura alcuni elementi avviano forme di crescita sproporzionata (rispetto al tutto) ossia di tipo *allometrico*.

cesso diffusivo *l'adozione*. Partendo dalle variabili si costruiscono i cosiddetti *rapporti di adozione*:

$$f(t) = \frac{X(t)}{X(t)+Y(t)} \quad f'(t) = \frac{Y(t)}{X(t)+Y(t)}$$

da cui si ricava che:

$$f(t) + f'(t) = \frac{X(t)}{X(t)+Y(t)} + \frac{Y(t)}{X(t)+Y(t)} = \frac{X(t)+Y(t)}{X(t)+Y(t)} = 1$$

Se sia X , sia Y aumentano secondo un certo modello a forma di S (ad es. quello logistico) si ha:

$$\frac{\partial Y}{\partial t} = rY(K - Y); \quad Y = \frac{K}{1 + ae^{-bt}}$$

dove:

Y = volume di adozione tecnica;

K = livello di saturazione;

a = costante;

r = saggio di crescita del processo di diffusione.

Sapendo che:

$$r = \frac{b}{K};$$

$$\frac{\partial Y}{\partial t} = \frac{b_1}{K_1} Y(K_1 - Y); \quad \log Y = \log(K_1 - Y) + A + b_1 t;$$

$$\log \frac{K_1 - Y}{Y} = a_1 - b_1 t; \quad Y = \frac{K_1}{1 + e^{a_1 - b_1 t}}$$

Analogamente per X :

$$\log \frac{K_2 - X}{X} = a_2 - b_2 t; \quad X = \frac{K_2}{1 + e^{a_2 - b_2 t}}$$

Il modello quantitativo nell'aspetto spaziale considera i mutamenti morfologici nel sistema attribuibili alla "graduale" sostituzione tra le due tecniche vecchie/nuova, ossia il volume di adozione di una tecnica in confronto all'altra. Se dalla forma funzionale della logistica si ricava t si ha:

$$t = \frac{a_1}{b_1} - \frac{1}{b_1} \log \frac{K_1 - Y}{Y} = \frac{a_2}{b_2} - \frac{1}{b_2} \log \frac{K_2 - X}{X}$$

$$\text{da cui} \left(\frac{Y}{K_1 - Y} \right)^{\frac{1}{b_1}} e^{\frac{a_1}{b_1}} = \left(\frac{X}{K_2 - X} \right)^{\frac{1}{b_2}} e^{\frac{a_2}{b_2}}$$

effettuando calcoli ed opportune imposizioni si ar-

riva al *modello spaziale* $X = A_1(Y)^{B_1}$ che rappresenta il volume di adozione della nuova tecnica X in confronto alla vecchia Y.

In tal caso:

$$B = (K_2 / K_1)^{b_1/b_2} \cdot C_1$$

$$A = b_1 / b_2$$

$$C_1 = \exp[b_1(t_2 - t_1)]$$

La forma del modello ottenuto è *linearizzabile* nei parametri:

$$\log X = \log A_1 + B_1 \log Y \text{ da cui}$$

$$X' = A' + B_1 Y'$$

che è un modello stimabile econometricamente nei due parametri e simile al modello di Huxley (1932). La diffusione delle innovazioni è un modello allometrico di crescita nel senso che la sostituzione di una tecnologia con altre generalmente avviene secondo un processo di crescita sproporzionata di una tecnologia in relazione alle altre.

Osservazione

Al posto delle variabili X e Y (indicatori diretti) che rappresentano rispettivamente l'adozione della vecchia e nuova tecnica, si possono utilizzare indicatori indiretti. In tal caso la variabile dipendente è F che rappresenta la percentuale di diffusione della nuova tecnica, mentre la variabile indipendente è il complementare 1-F. I calcoli sono uguali a quelli già effettuati per gli indicatori diretti.

2. La teoria evolutiva nell'analisi del cambiamento economico

Negli anni Settanta ed Ottanta, R.R. Nelson, professore dell'Università di Virginia, poi dell'Università di Yale ed attualmente della Columbia University di New York, e S. G. Winter, un economista del Department of Management, Wharton School, University of Pennsylvania, Philadelphia, analizzano i rapporti che la tecnologia e l'economia hanno nel comportamento ordinario dell'impresa. Secondo i neoclassici la scelta dell'imprenditore di *adottare* una determinata tecnologia (considerata come variabile esogena) è determinata da situazioni che non riguardano la singola impresa ma la generalità delle imprese. Da ciò risulta che, data una tecnologia accessibile a tutte

le imprese, la combinazione ottimale dei fattori sarà la stessa per tutti gli imprenditori, visto che il soggetto innovatore non ha una reale autonomia. Le riflessioni sulla tecnologia di Nelson-Winter (NEWI, 1982) mettono in discussione le ipotesi neoclassiche di certezza e prevedibilità che portano al comportamento razionale degli agenti economici. *L'incertezza tecnologica* è una variabile incontrollabile tale da distruggere la possibilità di definire l'obiettivo di ciascun agente-impresa. NEWI ritengono che il sistema neoclassico abbia trascurato la variabile incertezza tecnologica e, di conseguenza, l'incertezza sulla razionalità dei comportamenti. Per NEWI il comportamento razionale è troppo difficile da calcolare in un mondo reale caratterizzato da elevata incertezza ed ecco perché per interpretare e prevedere il comportamento delle imprese usano delle ipotesi *comportamentistiche* ed una metodologia evolutiva.

La loro teoria evolutiva iniziò ad essere concepita quando lavoravano alla RAND Corporation⁸ di Santa Monica, nel 1960. La presenza in questa organizzazione di una serie di scienziati che avevano una notevole diversità intellettuale influenzò il loro pensiero. Il loro debito intellettuale, come scrivono NEWI, è anche verso Schumpeter e Herbert Simon. Sebbene il famoso libro di NEWI risale al 1982, la loro teoria ha avuto una gestazione quasi ventennale. Infatti, il primo articolo di R. R. Nelson di tipo evolutivo, in collaborazione con Winter, risale al 1973, mentre il primo lavoro di S. G. Winter sulla selezione naturale e la teoria dell'impresa è del 1964. Anche i lavori di Campbell (1969), Fisher R. A. (1958) ed in particolare i contributi di Alchian (1950) e Penrose (1952) che

⁸ Durante la seconda guerra mondiale era importante la ricerca tecnologica per il successo delle battaglie navali ed un ampio gruppo di scienziati, al di fuori del campo militare, era impegnato nei possibili sviluppi della ricerca di base. Nel maggio del 1948 il progetto Rand si separava dalla Douglass Aircraft company di Santa Monica, in California, e diventava una organizzazione non-profit. Il nome deriva da una contrazione di *research and development*. Lo scopo della neonata organizzazione è di promuovere la ricerca scientifica e la formazione universitaria, nonché opere di beneficenza per il benessere pubblico e la sicurezza degli Stati Uniti d'America. Alle origini il progetto Rand contava 2000 esperti con competenze nel campo della matematica, ingegneria, aerodinamica, fisica, chimica, economia e psicologia. Fra i tanti contributi, oltre a quello di sviluppare importanti progetti strategici, ci sono il finanziamento di una serie di riviste che hanno un ruolo fondamentale nel moderno dibattito all'interno della comunità scientifica.

avevano assorbito molti degli insegnamenti della già citata scuola dell'istituto di Oxford hanno avuto un'importante influenza sugli economisti americani NEWI e la loro teoria evolutiva del cambiamento economico.

NEWI considerano le imprese "scatole nere" che devono fornire una prestazione all'ambiente. Il loro comportamento non è calcolato con la tecnica di massimizzazione neoclassica ma secondo la impostazione comportamentistica (Simon, 1955; Cyert e March, 1963). Questa teoria sostiene che l'impresa sia un'organizzazione *satisficing* dove il manager desidera conseguire un soddisfacente livello di profitto; il comportamento *satisficing* è un comportamento razionale date le limitazioni, interne ed esterne, che vincolano lo svolgimento dell'attività d'impresa e l'incertezza tecnologica nell'ambiente. Simon (1955) introdusse il concetto di razionalità vincolata (*bounded rationality*; Kahneman, 2003) per giustificare il comportamento *satisficing* dell'impresa.

In base alla teoria di NEWI se il profitto supera la soglia minima il comportamento è rappresentato dalle *routines* osservabili che si mantengono stabili; quando il profitto cade sotto la soglia minima, l'impresa inizia una fase di *search* in cui le *routines* mutano spostandosi verso modelli di maggiore successo per raggiungere la soglia minima di profitto. Le *routines* dell'impresa sono il risultato cumulativo dell'apprendimento che l'impresa ha fatto per sopravvivere in un ambiente caratterizzato da turbolenza. *Le routines figurano come il risultato di un'evoluzione darwiniana con cui le imprese individuano le soluzioni adatte a sopravvivere in un ambiente dinamico.*

L'ambiente è fronteggiato dalle imprese con l'apprendimento necessario per sopravvivere e conseguire un profitto pari a quello dei concorrenti. Lo schema teorico di NEWI è caratterizzato da una stabilità delle *routines* (procedure decisionali e tecnologiche) e dal considerare le *routines* dell'organizzazione come una sorta di patrimonio genetico che conserva il sapere accumulato nel passato e che apprende nuovi comportamenti quando le condizioni del mercato lo richiedono. Il modello di NEWI congiunge l'impostazione comportamentistica con quell'evoluzionistica, quest'ultima fondata sulla conservazione dell'apprendimento nelle strutture genetiche e la selezione di queste strutture da parte dell'ambiente.

Secondo alcuni studiosi il tentativo di NEWI di ridurre la complessità attraverso ipotesi comportamentistiche, in una situazione di intensi cambiamenti tecnologici ed economici, è riuscito solo parzialmente. Le imprese concorrenti, per far fronte alla caduta dei tassi di profitto, dovrebbero iniziare un'attività di *search* molto prima (visti i tempi) di registrare una caduta effettiva sotto il minimo. Ecco perché il tentativo di massimizzare lo sfruttamento delle opportunità accessibili è molto più realistico del mantenimento dei comportamenti routinari e soddisfacenti secondo l'ottica comportamentistica. Inoltre, bisogna dire che la metodologia di NEWI è utile in un sistema stabile piuttosto che in un sistema dinamico; ciò limita la sua utilizzazione a livello di micro-problemi, in cui il cambiamento è marginale e segue direzioni prevedibili. I due economisti considerano il punto di vista evolutivo come un *framework* necessario ad una più realistica teoria economica del comportamento dell'impresa e dei settori.

2.1. *L'apprendimento e le basi cognitive delle imprese*

L'apprendimento è, come detto, uno dei capisaldi della teoria evolutiva dell'impresa (NEWI, 1982). Il concetto di apprendimento, in biologia e psicologia è l'acquisizione di conoscenze in vista di uno scopo. È un comportamento motivato e orientato, non è ridicibile ad uno sterile meccanismo di assimilazione di contenuti privi di un significato emotivo per la persona che apprende. L'apprendimento è un processo complesso che risulta dalla penetrazione di motivazione, emozione, memoria e pensiero. Secondo una concezione "continua", l'apprendimento è un percorso per gradi, un lento processo di accumulo di conoscenze. Secondo una concezione "discontinua", l'apprendimento è subitaneo e creativo, consiste nell'insight, nel cogliere immediatamente i nessi chiave delle cose.

L'analisi economica ha recentemente attribuito un ruolo fondamentale alla relazione che intercorre tra apprendimento, aumento della produttività e innovazione tecnologica. Inoltre la teoria economica evolutiva considera fra gli elementi più importanti della innovazione tecnologica, proprio la conoscenza.

La conoscenza è un concetto astratto consciamente o inconsciamente costruito attraverso l'interpretazione di un insieme di informazioni ac-

quisite con l'esperienza e la meditazione sulla stessa; questa è capace di dare ai suoi possessori un'abilità mentale e fisica in un'arte (Polanyi, 1962a, 1966; Kim, 1993; Kolb, 1984; Johnson-Laird, 1993). Da un punto di vista strutturale la conoscenza è formata da informazioni ma, mentre le informazioni sono un insieme di dati neutrale, vale a dire non dipendente dal possessore (individuo od organizzazione), la conoscenza, invece, è un insieme di informazioni associato ad uno scopo attraverso un processo di interpretazione individuale ed organizzativo. Il processo di interpretazione riguarda informazioni, esistenti e nuove, attraverso le quali gli individui e le organizzazioni sviluppano nuova conoscenza. Queste informazioni sono diverse da individui ad individui. La creazione di conoscenza organizzativa è il risultato della interazione sociale tra gli individui. Simon (1955) ricorda che le organizzazioni non pensano e non apprendono, cosa che invece fanno le persone. Le organizzazioni supportano gli individui nel processo di apprendimento fornendo loro un contesto che consente di creare conoscenza. Le organizzazioni successivamente amplificano e cristallizzano la conoscenza degli individui come parte di una rete di conoscenza dell'organizzazione (Nonaka, 1994).

Dopo il contributo di Polanyi (1962b) sulla conoscenza tacita, Nonaka (1994) descrive le possibili interazioni dinamiche. Il concetto di "conversione di conoscenza" è introdotto per sottolineare la complementarità e l'interattività tra conoscenza implicita ed esplicita. È un processo a spirale crescente che parte dall'individuo per poi coinvolgere il gruppo, l'organizzazione ed infine il livello interorganizzativo. Si tratta di un processo sociale che prevede quattro diverse modalità di conversione.

La prima modalità di conversione è detta *socializzazione* e implica un trasferimento di conoscenza da *implicita* a *implicita*. Avviene mediante pratica, imitazione e osservazione, senza uso del linguaggio. È un processo di condivisione di esperienza che richiede la trasformazione del gruppo in *team*. La seconda modalità di conversione è l'*esteriorizzazione*. La conoscenza *implicita* è *esplicitata* attraverso dialoghi in cui i componenti del gruppo sono aiutati a comunicare le loro opinioni. Segue la terza modalità, detta *combinazione*, che permette di convertire blocchi di conoscenza esplicita tra individui confrontando codici linguistici semantici diversi. La multiappartenenza degli

individui a più gruppi può favorire tale scambio. A questa modalità, infine, segue quella per cui la conoscenza *esplicita* condivisa è *interiorizzata* generando nuova conoscenza tacita, che non è più individuale, ma comune.

Approfondendo le dinamiche dell'apprendimento organizzativo si scopre che questo termine è utilizzato per indicare ora un prodotto ora un processo. Argyris e Schön (1996) distinguono tra "prodotto dell'apprendimento" (identificato come qualsiasi contenuto informativo acquisito); "processo di apprendimento" (indica l'acquisizione dell'informazione) e "soggetto di apprendimento" (può essere individuale o collettivo). Su quest'ultimo punto va chiarito che il soggetto classico d'apprendimento è l'individuo. L'azione cessa di essere individuale e diventa organizzativa quando emergono procedure decisionali condivise. L'organizzazione "vive" oltre i suoi membri proprio perché si basa su tali regole, non necessariamente esplicite, che determinano appartenenza e continuità. Quest'ultimo aspetto richiama la storia e la cultura dell'organizzazione. Non si può pensare che questo sia un processo veloce e automatico. Quindi un'organizzazione apprende solo quando i membri agiscono come un sistema cooperativo, cioè quando apprendono nell'interesse dell'intero sistema. In realtà gli individui possono anche apprendere nel loro interesse, ma ciò non comporta apprendimento organizzativo. Secondo Argyris (1982; 2000), è possibile che l'organizzazione agisca strategicamente sulla base di un insieme di conoscenze, credenze, norme implicite ed esplicite, valori che condivisi nel tempo diventano "cultura". L'azione è collegata ad esse, risultando spesso non isomorfa con i progetti d'azione dichiarati. Interessante, a questo proposito, la distinzione tra *single or double-loop learning*. Il primo tipo prevede di modificare la strategia d'azione e gli assunti su cui essa si basa per il raggiungimento di un risultato in una specifica situazione; il secondo è più complesso e radicale perché implica quanto richiesto per il primo tipo, ma necessita anche del cambiamento dei valori su cui la strategia si fonda. Quest'ultimo è un processo di apprendimento più lungo da realizzare ma con esiti più duraturi una volta acquisiti. Questo campo di studi ha dato luogo al filone della *Learning Organization* molto importante nell'economia e management per comprendere le dinamiche organizzative interne ed esterne delle moderne imprese.

Nella teoria economica è possibile individuare due approcci all'analisi dell'apprendimento a livello di impresa. Il primo è quello della learning curve e riguarda una concettualizzazione statica dell'impresa, legata al concetto di funzione di produzione. L'impresa col passare del tempo ha un processo di apprendimento, simile a quello degli organismi biologici, che consente alla medesima di fare meglio i prodotti. Gli operai diventano più esperti e riducono i tempi di produzione, l'approvvigionamento di materiale è migliorato, i costi sono prodotti, il flusso informativo diventa più veloce; tutto questo aumenta l'efficienza del processo produttivo. Il risultato è che il costo medio tende a diminuire con l'accumularsi della esperienza nella produzione. La diminuzione del costo medio in funzione della produzione cumulata e del tempo è definita curva di esperienza (talvolta dell'apprendimento; Hinterhuber, 1976).

Il secondo approccio considera l'apprendimento come funzione multidimensionale. Esso può essere distinto in apprendimento come processo (ossia il modo in cui avviene) e come contenuto. A livello

di processo l'apprendimento può essere interno (facendo, *learning by doing*-Arrow, 1962; cercando, *learning by searching*-Nelson e Winter, 1982; usando, *learning by using*-Rosenberg, 1976) o esterno (attraverso l'imitazione o l'acquisto sul mercato, la cooperazione e l'interazione con altre imprese) ed essere legato alle attività dell'impresa da cui si origina. Questo apprendimento rappresenta quello di tipo tecnologico. A livello di contenuto, è necessario distinguere tra apprendimento nelle procedure e nelle *routines* (apprendere ad apprendere o *learning to learn*) o apprendimento nelle tecniche (apprendimento tecnologico o *technical learning*). Le imprese sono caratterizzate da complesse interazioni tra questi tipi di apprendimento. Di conseguenza la trasmissione e il coordinamento tra le varie forme di apprendimento interno ed esterno diventano fattori di vantaggio tecnologico e competitivo per le imprese (Nelson e Winter, 1982; Dosi, 1988; Malerba, 1992).

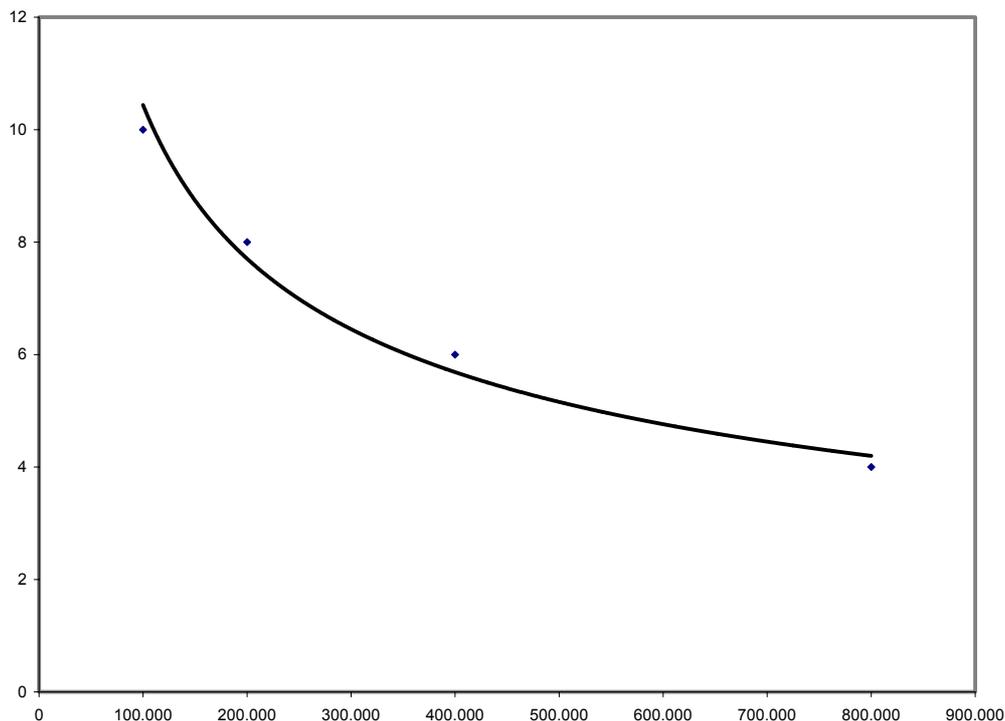


Figura 2: Curva di esperienza

3. Considerazioni conclusive

La biologia non è nell'economia solo una sorgente di metafore ma è stata uno dei più importanti strumenti per analizzare i sistemi sociali ed economici. Nella branca dell'economia dell'innovazione fra le influenze biologiche c'è quella del darwinismo che ha dato origine al filone delle teorie evolutive (Nelson e Winter, 1982) che si contrappongono a quelle neoclassiche nel descrivere il comportamento degli agenti economici nell'ambiente. Questo nuovo filone ha portato ad una proliferazione nella letteratura economica dell'innovazione tecnologica di studi di tipo evolutivo e alla nascita di una rivista specializzata denominata *Journal of evolutionary economics*, diretta dai proff. Canter dell'Università di Jena, Hanusch dell'Università di Aurburg e Klepper della Carnegie Mellon University, USA. Questa nuova rivista si focalizza sulle analisi dinamiche, dei cambiamenti strutturali e dei processi di disequilibrio, con una prospettiva evolutiva dell'innovazione, della selezione e dell'imitazione. Sempre in Germania, presso il Max Plank Institute for Research into Economics Systems, fondato nel 1983, è stato costituito l'Evolutionary economics group diretto da Witt (2003), Professore di Economia al Department of Economics, sempre dell'University of Jena (Germany). Un altro indicatore dell'interesse verso studi di tipo evolutivo in economia è quello della organizzazione di alcune periodiche conferenze internazionali dove gli studiosi della materia possono scambiarsi le loro nuove idee scientifiche su tali tematiche. Fra queste sono da ricordare l'*European meeting on applied evolutionary economics*, nonché le sessioni specialistiche e/o le conferenze annuali tematiche organizzate dalla *Schumpeterian Conferenze* e dalla *DRUID (Danish Research Unit for industrial Dynamics) conference*. La diffusione di queste nuove idee basate sull'economia evolutiva sono però anche oggetto di un'accesa controversia. Fra le principali obiezioni mosse ci sono (Hodgson, 2002): a) quelli di alcuni studiosi che sostengono come i moderni approcci della teoria dei sistemi complessi e dei sistemi dinamici, come la *self-organization*, sono un'alternativa alle analogie biologiche e al Darwinismo; b) la selezione artificiale è un'alternativa alla selezione naturale nella sfera socio-economica; c) il Darwinismo esclude le intenzionalità umane.

Nonostante la vasta letteratura delle teorie dell'evoluzione tecnologica e culturale, i modelli

formali e i metodi di simulazione sono molto carenti. Fra le principali cause c'è la persistente opposizione di alcuni economisti ai concetti Darwiniani applicati ai sistemi socio-economici (Laurent e Nightingale, 2001) poiché le assunzioni del Darwinismo universale (Hodgson, 2002) generano un mancato appagamento ed una disinformazione; inoltre l'insistenza di collocare ogni elemento dell'evoluzione tecnologica in corrispondenza di una precisa fase biologica può essere a volte fuorviante (Devezas e Corredine, 2001; Devezas e Modelski, 2003).

Loasby⁹ (2002; 2003) sostiene che il processo evolutivo nella selezione e ricerca della conoscenza non può essere né incorporata nell'economia tradizionale, con la sua precisa nozione di ottimo, né nella biologia evolutiva con il suo concetto di adattamento. Constant (2002), invece, sostiene che i *framework* evolutivi sono deficitari sia degli elementi di stabilità, sia degli elementi di cambiamenti. Una consistente teoria evolutiva del cambiamento tecnologico (Metcalf, 1998; Metcalf e Saviotti, 1991) ed un modello formale che permette la simulazione dell'evoluzione tecnologica, secondo alcuni studiosi, ancora non sono stati sviluppati (Devezas, 2004).

Nonostante queste critiche, gli studi evolutivi nell'economia dell'innovazione sono oggi una realtà ineludibile ed un filone di sviluppo importante della moderna disciplina dell'economia dell'innovazione. Inoltre, si può osservare come l'origine degli approcci biologici in economia dell'innovazione sia da ricondurre al fatto che l'innovazione è configurabile come una funzione multidimensionale e lo studio delle sue dinamiche endogene ed esogene non possono essere ricondotte ad una sola disciplina, come l'economia. Oggi lo sviluppo degli approcci biologici nell'economia sono motivati dalla loro capacità di analisi dei comportamenti degli agenti economici, attraverso sia le connessioni selettive dei fenomeni percepiti, sia l'impulso emozionale che tali connessioni sviluppano. Queste sono le precondizioni biologiche dei moderni sistemi economici. Inoltre il nuovo filone del Darwinismo digitale, basato sui miglioramenti degli algoritmi e della programmazione genetica, è il più promettente candidato per stabilire le basi della conoscenza della futura teoria evolutiva del cambiamento e dell'innovazione tecnologica (Devezas, 2004).

⁹ Professore emerito presso l'università di Stirling, vincitore dello Schumpeter Price e Smith Prize per le sue ricerche su knowledge, institutions and evolution in economics.

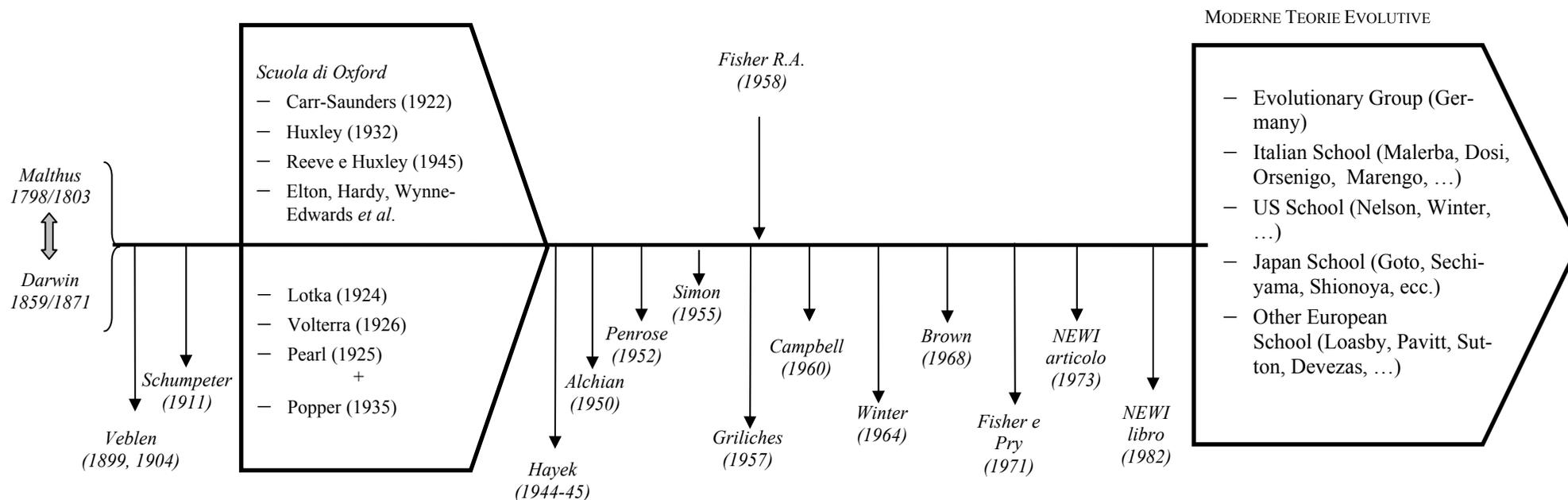


Figura 3. L'influenza della biologia in economia e origini della nuova teoria evolutiva del cambiamento economico

Appendice I: Darwin e Lamarck a confronto

Il meccanismo dell'evoluzione proposto da Darwin (1859; 1871) si basa sul presupposto che gli individui di una specie mostrano una continua variazione nella forma e nella fisiologia. Questa variazione avviene a caso ed è ereditabile. A questa visione si contrappone l'ipotesi di Lamarck¹⁰, secondo il quale un carattere è acquisito per una necessità dell'individuo. Dopo la variazione avvenuta a caso, si instaura un processo di selezione naturale e, dal momento che le risorse naturali sono limitate, riusciranno a sopravvivere solo i soggetti meglio adattati all'ambiente. Ecco emergere il concetto di sopravvivenza del meglio adattato. Questo concetto darwiniano è stato spesso interpretato come se si trattasse di una continua battaglia fra belve feroci. Ma l'idea darwinista di individui favoriti non riguarda tanto la sopravvivenza di un individuo, quanto piuttosto della sua progenie. Darwin vide chiaramente che le variazioni vantaggiose dal punto di vista evolutivo sono trasmesse alle generazioni successive, mentre i caratteri non favorevoli diminuirebbero di generazione in generazione fino a scomparire.

Secondo Darwin il punto centrale della teoria si basava sulla convinzione che l'evoluzione proceda mediante l'accumulo di piccoli mutamenti ereditabili - e non di improvvisi mutamenti eclatanti - e che le forze selettive agiscano a livello dei singoli individui. Inoltre, l'evoluzione non seguirebbe uno schema predeterminato, in quanto i caratteri ereditabili si accumulerebbero a caso e la selezione naturale dipenderebbe dalle condizioni predominanti.

Darwin non riuscì a fornire una chiara indicazione di come le variazioni compaiano e vengano ereditate, ma a partire dalla metà del 1800 sono state acquisite numerose e dettagliate conoscenze sugli organismi viventi, specialmente a livello molecolare. Due tappe scientifiche importanti sono rappresentate dalle Leggi Mendeliane e dalla conoscenza della struttura dei geni, cui fece seguito la

comprensione del codice genetico.

Darwin non conosceva il meccanismo della trasmissione dei caratteri ereditari, visto che gli studi di Gregorio Mendel furono resi pubblici nel 1865. Ciononostante, Darwin si rese conto che in qualche modo nei singoli individui potevano verificarsi evidenti cambiamenti - o mutamenti - capaci di influenzare la morfologia e altri aspetti biologici, fra cui ad esempio il comportamento, e che tali cambiamenti potevano essere ereditati.

Egli notò che la variabilità all'interno di una specie rappresenta la condizione base su cui agisce la selezione naturale nel produrre nuove specie. Ritenne che l'evoluzione non procede solamente per eliminazione o perdita di caratteri non necessari, ma anche mediante selezione di cambiamenti a carico di caratteri accumulati a caso: ecco quindi la comparsa di nuovi caratteri dovuti a mutazione e a ricombinazione genica. Nuove caratteristiche non si originano - come fu postulato dalla teoria di Lamarck - per il semplice fatto di essere necessarie, ma per l'instancabile opera della selezione naturale sulle variazioni accumulate dagli individui appartenenti a una specie.

Anche se l'importante opera di Darwin condusse alla rapida accettazione dell'evoluzione, la sua teoria della selezione naturale incontrò alcune resistenze. Solo all'inizio del XX secolo la sua opera s'integrò con le nascenti informazioni circa i meccanismi fondamentali dell'ereditarietà genetica.

L'abbinamento fra genetica e biologia evolutiva è conosciuto come Sintesi Moderna o Neo Darwinismo, e continua ad essere il presupposto principale per la comprensione dei meccanismi dell'evoluzione. Studi recenti hanno ampliato le nostre vedute circa i meccanismi evolutivi suggerendo, da un lato, che alcuni degli eventi più significativi potrebbero essere il risultato più del caso che della selezione, dall'altro che la selezione naturale può talora estendersi al di là dei singoli individui, a livello di popolazioni e persino di intere specie tra loro affini.

Appendice II: Modello di Lotka-Volterra

Il Modello proposto indipendentemente nel 1924 dal demografo americano Alfred James Lotka e nel 1926 dal matematico italiano Vito Volterra (1926), è storicamente il primo modello consumatore-

¹⁰Jean-Baptiste-Pierre-Antoine de Monet de Lamarck: biologo e naturalista francese (Bazentin, Somme, 1744-Parigi 1829). Dopo un periodo di studi presso il collegio dei Gesuiti di Amiens, si arruolò per alcuni anni nell'esercito. A Parigi, dove giunse nel 1768, compì studi irregolari di scienze naturali e medicina, trascorrendo quasi tutta la vita in condizioni modeste e spesso travagliate. I suoi interessi per le scienze naturali si inquadrano in una concezione filosofica della natura ispirata ai motivi del materialismo illuministico.

risorsa. Nella versione proposta dagli autori, l'accrescimento della risorsa era maltusiano ($\phi(x) = rx$) e questa semplificazione matematica produceva alcuni comportamenti singolari. Pur non essendo il modello molto realistico, perché $p(x)$ non riflette la realtà biologica, esso ha il grande pregio di permettere un'analisi semplice. Le funzioni $\phi(x)$ e $p(x)$ del modello di Lotka-Volterra sono così specificate:

- la risorsa, in assenza di consumatori, si accresce in maniera logistica, ovvero $\phi(x) = rx(1-x/K)$ dove r e K sono rispettivamente il tasso intrinseco di crescita e la capacità portante della risorsa.
- il tasso di consumo della risorsa da parte di una singola unità di biomassa del consumatore è semplicemente proporzionale alla quantità di risorsa disponibile, ovvero $p(x) = px$. La costante p è naturalmente positiva e prende il nome di coefficiente di predazione, di pascolamento o di assorbimento a seconda del contesto.

Si otterrà dunque:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = rx\left(1 - \frac{x}{K}\right) - pyx \\ \frac{dy}{dt} = -\mu y + epxy \end{cases} \quad (1)$$

Per studiare il comportamento del modello di Lotka-Volterra (1) è bene iniziare dalla ricerca di eventuali soluzioni di equilibrio della coppia di equazioni differenziali. Per questo basta imporre che si annullino contemporaneamente le due derivate rispetto al tempo della quantità x di risorsa e della biomassa y del consumatore. Le curve che soddisfano la prima e la seconda delle due seguenti relazioni:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = \left[r\left(1 - \frac{x}{K}\right) - py \right] x = 0 \\ \frac{dy}{dt} = [-\mu + ep x] y = 0 \end{cases} \quad (2)$$

si chiamano rispettivamente isocline della preda (o della risorsa) e isocline del predatore (o del consumatore). In particolare, l'annullamento della prima delle (2) origina le due seguenti isocline della preda

$$\frac{dx}{dt} = 0 \Rightarrow \begin{cases} y = \frac{r}{p} \left(1 - \frac{x}{K}\right) \\ x = 0 \end{cases} \quad (3)$$

mentre l'annullamento della seconda delle (2) dà luogo alle seguenti isocline del predatore

$$\frac{dy}{dt} = 0 \Rightarrow \begin{cases} x = \frac{\mu}{ep} \\ y = 0 \end{cases} \quad (4)$$

Se il predatore è sufficientemente efficace nell'interagire con la preda (mortalità da fame contenuta e/o efficienza di conversione della biomassa e coefficiente di predazione sufficientemente elevati in maniera tale che $\mu / ep < K$), le isocline (3) e (4) sono disposte come in Fig. 1.A. Dal momento che in condizioni di equilibrio entrambe le derivate temporali del modello (1) debbono annullarsi, ovvero debbono valere le condizioni (2), gli equilibri del modello sono determinabili graficamente come le intersezioni di una delle isocline della preda (tratteggiate in Fig. 1.A) con una delle isocline del predatore (a tratto continuo in Fig. 1.A). Come si evince dal grafico, gli equilibri sono in questo caso tre, e le loro coordinate valgono:

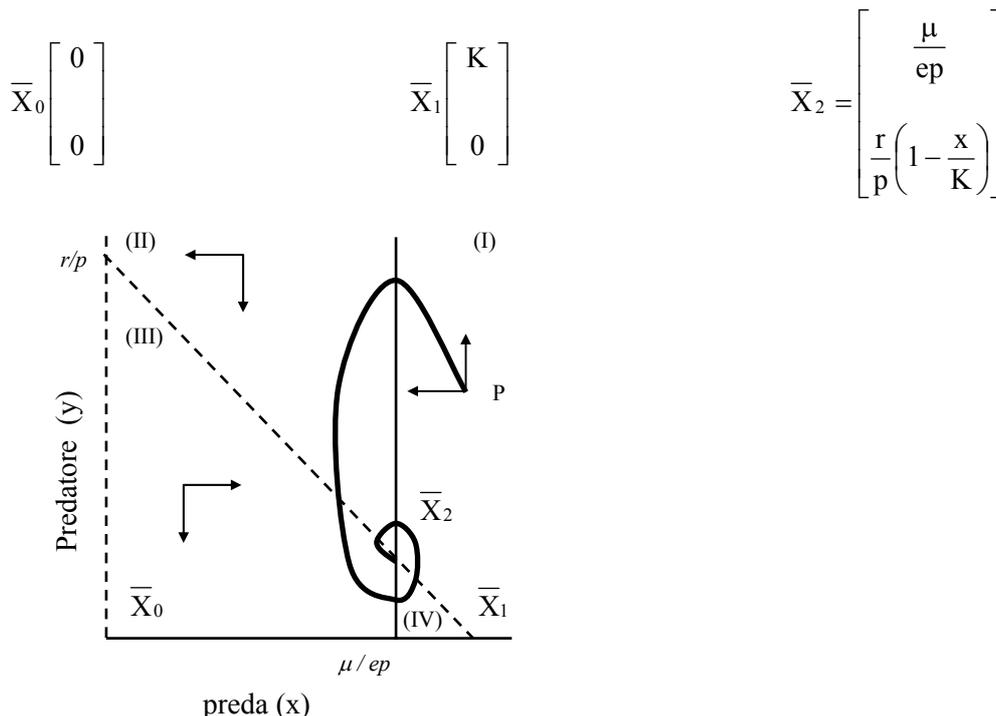


Figura 1A: Analisi del comportamento del modello di Lotka-Volterra nel caso in cui sia $\mu/ep < K$. Sono mostrate le isocline della preda (linee tratteggiate) e le isocline del predatore (tratto intero) nonché una traiettoria (grassetto) a partire dalla condizione iniziale rappresentata dal punto P.

L'equilibrio \bar{X}_0 , che solitamente viene detto banale, corrisponde all'estinzione ovvero all'assenza simultanea di prede e predatori. L'equilibrio \bar{X}_1 corrisponde all'assenza di consumatori, cosicché la risorsa ha come equilibrio la sua capacità portante. La terza soluzione di regime è quella più interessante, perché corrisponde alla coesistenza contemporanea di prede e predatori. Si noti però che, contrariamente ai primi due equilibri, tale soluzione non esiste sempre: il valore di y in \bar{X}_2 può assumere valore negativo se $\mu/ep > K$, cioè se, come si diceva prima, il predatore è particolarmente inefficiente.

Non tutti e tre gli equilibri trovati sono tuttavia stabili. Formalmente, un metodo rigoroso e semplice per decidere della stabilità di un equilibrio in un modello non lineare consiste nel determinare il segno della parte reale degli autovalori del sistema linearizzato in un intorno del punto di equilibrio. Il risultato dell'analisi di stabilità porta a concludere che gli equilibri \bar{X}_0 e \bar{X}_1 sono instabili, mentre \bar{X}_2 è stabile.

Un'analisi qualitativa dell'andamento delle traiettorie del modello, che si basa sulle isocline prima determinate, può essere effettuata come segue. Ciascuna delle isocline non banali, ovvero la prima delle (3) e la prima delle (4), divide il primo quadrante dello spazio di stato (x, y) in due parti. Ricordiamo che le isocline rappresentano il luogo dei punti nello spazio di stato in cui il vettore tangente alla traiettoria ha componente orizzontale o verticale nulla. In particolare, l'isoclina non banale tratteggiata, la prima delle (3), è attraversata verticalmente poiché soddisfa la condizione $dx/dt=0$, mentre quella a tratto continuo, la prima delle (4), viene attraversata orizzontalmente. Si noti che la componente orizzontale del vettore tangente alla traiettoria per tutti i punti dello spazio di stato che stanno sopra l'isoclina non banale tratteggiata ha verso orientato a sinistra. Ciò si vede dal fatto che, al limite di y molto grandi, la prima delle (1) ha segno negativo. Per esclusione, ne deriva che tutti i punti dello spazio di stato che stanno sotto l'isoclina non banale tratteggiata hanno componente oriz-

zontale del vettore tangente diretta verso destra. Analogo ragionamento si può svolgere per analizzare il verso della componente verticale del vettore tangente alla traiettoria. Per questo, è sufficiente valutare il segno della seconda delle (1) per uno dei punti a destra dell'isocline non banale a tratto continuo. Dalla seconda delle (1) si evince che, al limite di x molto grandi, il vettore tangente alla traiettoria deve avere componente verticale diretta verso l'alto. Conseguentemente, i punti a sinistra dell'isocline verticale hanno componente verticale del vettore tangente alla traiettoria diretto verso il basso. Dal momento che le isocline non banali sono in questo caso rette che si intersecano in un punto (l'equilibrio stabile \bar{X}_2), il primo quadrante risulta suddiviso in quattro regioni: (I), (II), (III) e (IV) (vedi Fig. 1A). Grazie all'analisi qualitativa appena effettuata, si è in grado di determinare quantomeno direzione e verso del vettore tangente alla traiettoria in ognuno dei punti di tali regioni. L'andamento di una traiettoria coerente con l'analisi effettuata e che si origina nel punto P è mostrato in Fig. 1.A. Esso fa capire in maniera intuitiva che effettivamente l'equilibrio \bar{X}_2 attrae verso di sé le traiettorie, cioè è stabile.

Riferimenti bibliografici

- Alchian A.A. (1950) "Uncertainty, Evolution and Economic Theory", *Journal of Political Economy*, n. 58, pp. 211-222.
- Angner E. (2002) "The history of Hayek's theory of cultural evolution", *Study in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, vol. 33, n. 4, pp. 695-718.
- Argyris C. (1982) *Reasoning, learning, and action. Individual and Organizational*, San Francisco, Jossey-Bass Limited.
- Argyris C. (2000) *Flawed advice and the management trap*, New York, Oxford University Press.
- Argyris C., Schön D.A. (1996) *Organizational Learning II. Theory, Method, and Practice*, New York, Addison-Wesley; trad. it. *Apprendimento organizzativo. Teoria, metodo e pratiche* (1998), Milano, Guerini.
- Arrow K. (1962) "Economic welfare and the allocation of resources for invention", in R. Nelson (eds) *The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors*, Princeton, Princeton University Press.
- Baker J.R. (1976), "Julian Sorell Huxley" *Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society*, n. 22, pp. 207-238.
- Bresnahan T. F., Trajtenberg M. (1995) "General-purpose technologies Engines of growth", *Journal of econometrics*, n. 65, pp. 83-108.
- Brown L. (1968a) "Diffusion dynamics: a review and revision of the quantitative theory of the spatial diffusion of innovation", *Lund studies in geogr.*, series B, XXIX.
- Brown L. (1968b) *Diffusion processes and location: A conceptual Framework and Bibliography*, Philadelphia regional Science Research Institute.
- Campbell D.T. (1960) "Blind Variation and Selective Retention in Creative Thought as in other Knowledge Processes", *Psychological Review*, n. 67, pp-380-400.
- Campbell D.T. (1969) "Variation and selective retention in socio-cultural evolution", *General System*, vol. 16. 69-85.
- Carlaw K.I., Lipsey R.G. (2002) "Externalities, technological complementarities and sustained economic growth", *Research Policy*, vol. 31, n. 8-9, pp. 1305-1315.
- Carr-Saunders A.M. (1922) *The population problem: a study in human evolution*, Oxford University Press.
- Constant II E. W. (2002) "Why evolution is a theory about stability: constraint, causation, and ecology in technological change", *Research Policy*, vol. 31, n. 8-9, pp. 1241-1256.
- Cyert R.M., March J. G. (1963) *A Behavioural Theory of the Firm*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J.
- Darwin C. (1859) *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or, the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*, London, Murray.
- Darwin C. (1871) *The Descent of Man and Selection in Relation to Sex*. Princeton, Princeton University Press, 1981.
- Devezas T. (2004) "Evolutionary theory of technological change: State-of-the-art and new approaches", Seminar *New Technology Foresight, Forecasting & Assessment Methods*, Seville, 13-14 May.

- Devezas T., Corredine J. (2001) "The biological determinants of long-wave behaviour in socio-economic growth and development", *Technological forecasting and social change*, vol. 68, pp. 1-57.
- Devezas T., Modelski G. (2003) "Power law behaviour and world system evolution", *Technological forecasting and social change*, vol. 70, pp. 819-859.
- Dosi G. (1988) "Sources, Procedures and micro-economic effects of innovation", *Journal of Economic Literature*, XXVI, pp. 1120-1171.
- Dosi G., Pavitt K., Soete L. (1990) *The economics technological change and International Trade*, Wheatsheaf, Brighton.
- Fagerberg J., Verspagen B. (2002) "Technological-gaps, innovation-diffusion and transformation: an evolutionary interpretation", *Research Policy*, vol. 31, n. 8-9, pp. 1291-1304.
- Fisher J. C., Pry R.H. (1971) "A Simple Substitution Model of Technological Change", *Technological Forecasting and Social Change*, n. 3, pp.75-88.
- Fisher R. A. (1958) *The genetical theory of natural selection*, NY, Dover (1929)
- Freeman C., Louçã F. (2001) *As Time Goes By. From Industrial Revolutions to Information Revolution*, Oxford University Press.
- Freeman C., Soete L. (1987) *Technical Change and full Employment* (eds), Basic Blackwell.
- Freeman C., Soete L. (1990) "Fast structural change and slow productivity change: some paradoxes in the economics of information technology", *Structural Change and Economic Dynamics*, n. 1, pp. 225-242.
- Griliches Z. (1957) "Hybrid corn: an exploration in the economics of technological change", *Econometrica*, XXV, pp. 501-22.
- Hayek F.A. (1949) *Individualism and Economic Order*, London, Routledge and Kegan Paul.
- Hinterhuber G. (1976) *Strategie di sviluppo dell'impresa*, ISEDI, Milano, pp. 29-41.
- Hodgson G. M. (2002) "Darwinism in economics: from analogy to ontology", *Journal of evolutionary economics*, vol. 12, pp. 259-281.
- Hodgson G.M. (1995) (ed), *Economics and Biology*, Aldershot, Hants, Edward Elgar.
- Huxley J. S. (1932) *Problems of relative growth*, Methuen & Co., Londra.
- Johnson-Laird P.N. (1993) *The Computer and the Mind. An Introduction to Cognitive Science*, William Collins Sons and Co. Ltd, London.
- Kahneman D. (2003) "Maps of Bounded rationality: Psychology for behavioral economics", *The American economic review*, vol. 93, n. 5, pp. 1149-1475.
- Kim H. (1993) "The Link Between Individual and Organizational Learning", *Sloan Management Review Fall*, pp. 37-50.
- Kolb D. A. (1984) *Experimental Learning Experience as the Source of Learning and Development*. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, NJ.
- Laurent J., Nightingale J. (2001) (eds), *Darwinism and Evolutionary Economics*, Cheltenham, Edward Elgar, pp. 87-118.
- Limoges C., Ménard C. (1994) "Organization and the Division of Labor" Biological Metaphors at work in Alfred Marshall's *Principles of Economics*, pp.336-59 in Morowski P., *Natural Images in Economic Thought*, Cambridge, U.K. Cambridge University Press.
- Loasby B. J. (2003) "The cognitive basis of institutions: an evolutionary perspective", in *The economics of knowledge sharing* (ed. E. Helmstädter), pp. 100-17. Cheltenham UK and Northampton MA, USA: Edward Elgar.
- Loasby B.J. (2002) "The Evolution of Knowledge: Beyond the Biological Model", *Research Policy*, vol. 31, n. 8-9, pp. 1227-1239.
- Lotka A.J. (1924) *Elements of Mathematical Biology*, Dover Books.
- Malerba F. (1992) "Learning by firms and incremental technical change", *Economic Journal*, n. 102, pp. 845-859.
- Malthus T. (1798) *An Essay on the Principle of Population*. Edizione rivista ed estesa nel 1803. Penguin, 1970.
- Mansfield E. (1968) *Industrial Research and Technological Innovation*, Norton, New York.
- Metcalf J.S. (1998) *Evolutionary Economics and Creative Destruction*, Routledge.
- Metcalf J.S., Saviotti P.P. (1991) (eds.), *Evolutionary Theories of Economic and Technological Change*, Harwood.
- Nelson R. (1995) "Recent Evolutionary Theorising about Economic Change", *Journal of Economic Literature*, Vol. 33, pp. 48-90.

- Nelson R.R., Winter S.G. (1973) "Toward an evolutionary theory of economic capabilities", *American Economic Review*, n. 63, pp. 440-449.
- Nelson R.R., Winter S.G. (1982) *An evolutionary theory of economic change*, The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Ma.
- Nelson R.R., Winter S.G. (2002) "Evolutionary Theorising in Economics", *Journal of Economic Perspectives*, pp. 23-46.
- Nonaka I. (1994) "Dynamic theory of organizational knowledge creation", *Organization Science*, vol. 5, n. 1, pp.14-37.
- Pearl R. (1925) *The biology of population growth*, Alfred A. Knopf, New York.
- Penrose E.T. (1952) "Biological Analogies in the Theory of the Firm", *American Economic Review*, n. 42, pp. 804-819.
- Perez C. (1983) "Structural change and the assimilation of new technologies in the economic and social systems", *Futures*, n. 15, pp. 357-375.
- Polanyi M. (1962a) *The logic of personal knowledge*, London, Routledge & Kegan Paul.
- Polanyi M. (1962b) *Personal Knowledge – Towards a Post-Critical Philosophy*, Routledge and Kegan Paul, London.
- Polanyi M. (1966) *The Tacit Dimension*, Doubleday, Garden City, NY.
- Popper K. (1935) *Logik der Forschung*, Julius Springer Verlag, Vienna, 1935.
- Popper K. (1972) *Objective Knowledge: an Evolutionary Approach*, Oxford University Press, Oxford.
- Reeve E. C. R., Huxley J. S. (1945) "Some Problems in the Study of Allometric Growth", in W.E. LeGros Clark, P.B. Medawar (eds.) *Essay on Growth and Form*, Oxford University Press, pp. 121-156.
- Rosenberg N. (1976) *Perspectives on Technology*, Cambridge University Press.
- Sahal D. (1981) *Patterns of technological innovation*, Addison-Wesley, Reading, Mass.
- Schumpeter J.A. (1911) *Theorie der wirtschaftlichen entwicklung (The Theory of Economic Development: An inquiry into profits, capital, credit, interest and the business cycle)*, Leipzig, Duncker and Humblot.
- Schumpeter J.A. (1939) *Business cycles: a theoretical, historical and statistical analysis of the capitalist process*, McGraw-Hill, New York.
- Schumpeter J.A. (1942) *Capitalism, socialism and democracy*, (ed. 1976) London, Allen and Unwin.
- Simon H.A. (1955) "A Behavioural Model of Rational Choice", *Quarterly Journal of Economics*, n. 69, pp. 99-118.
- Spencer H. (1865) *Principles of Biology*, vol. 1, Williams and Norgate, London.
- Veblen T. (1898) "Why is economics not an evolutionary science?", *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 12.
- Veblen T. (1899) *The theory of the leisure class: an economic study of institutions*, (trad. it.), *La teoria della classe agiata* (1971), Einaudi, Torino.
- Veblen T. (1904) *Theory of business enterprise*, (trad. it.), *La teoria dell'impresa* (1970), Angeli, Milano.
- Volterra V. (1926), *Opere matematiche 1926-1940*, Accademia Nazionale dei Lincei, Roma.
- Winter S.G. (1964) "Economic Natural Selection and Theory of the Firm", *Yale Economic Essays*, n. 4, pp. 225-272.
- Witt U. (2003) "Evolutionary Economics and the Extension of Evolution to the Economy", Paper to be presented at the 6th Buchenbach Workshop, Buchenbach, Germany, May.
- Zuckerman S. (1986) "Huxley, Sir Julian Sorell" in Lord Blake & C.S. Nicholls (eds.) *The Dictionary of National Bibliography 1971-1980*, Oxford University Press, Oxford.

WORKING PAPER SERIES (2005-1993)

2005

- 1/05 *Gli approcci biologici nell'economia dell'innovazione*, by Mario Coccia
- 2/05 *Sistema informativo sulle strutture operanti nel settore delle biotecnologie in Italia*, by Edoardo Lorenzetti, Francesco Lutman, Mauro Mallone
- 3/05 *Analysis of the Resource Concentration on Size and Research Performance. The Case of Italian National Research Council over the Period 2000-2004*, by Mario Coccia and Secondo Rolfo
- 4/05 *Le risorse pubbliche per la ricerca scientifica e lo sviluppo sperimentale nel 2002*, by Anna Maria Scarda
- 5/05 *La customer satisfaction dell'URP del Cnr. I casi Lazio, Piemonte e Sicilia*, by Gian Franco Corio
- 6/05 *La comunicazione integrata tra uffici per le relazioni con il pubblico della Pubblica Amministrazione*, by Gian Franco Corio
- 7/05 *Un'analisi teorica sul marketing territoriale. Presentazione di un caso studio. Il "consorzio per la tutela dell'Asti"*, by Maria Marenga
- 8/05 *Una proposta di marketing territoriale: una possibile griglia di analisi delle risorse*, by Gian Franco Corio
- 9/05 *Analisi e valutazione delle performance economico-tecnologiche di diversi paesi e situazione italiana*, by Mario Coccia and Mario Taretto
- 10/05 *The patenting regime in the Italian public research system: what motivates public inventors to patent*, by Bianca Poti and Emanuela Reale
- 11/05 *Changing patterns in the steering of the University in Italy: funding rules and doctoral programmes*, by Bianca Poti and Emanuela Reale
- 12/05 *Una "discussione in rete" con Stanley Wilder*, by Carla Basili
- 13/05 *New Tools for the Governance of the Academic Research in Italy: the Role of Research Evaluation*, by Bianca Poti and Emanuela Reale
- 14/05 *Product Differentiation, Industry Concentration and Market Share Turbulence*, by Catherine Matraives, Laura Rondi
- 15/05 *Riforme del Servizio Sanitario Nazionale e dinamica dell'efficienza ospedaliera in Piemonte*, by Chiara Canta, Massimiliano Piacenza, Gilberto Turati
- 16/05 *SERIE SPECIALE IN COLLABORAZIONE CON HERMES: Struttura di costo e rendimenti di scala nelle imprese di trasporto pubblico locale di medie-grandi dimensioni*, by Carlo Cambini, Ivana Paniccia, Massimiliano Piacenza, Davide Vannoni
- 17/05 *Ricerc@.it - Sistema informativo su istituzioni, enti e strutture di ricerca in Italia*, by Edoardo Lorenzetti, Alberto Paparello

2004

- 1/04 *Le origini dell'economia dell'innovazione: il contributo di Rae*, by Mario Coccia
- 2/04 *Liberalizzazione e integrazione verticale delle utility elettriche: evidenza empirica da un campione italiano di imprese pubbliche locali*, by Massimiliano Piacenza and Elena Beccio
- 3/04 *Uno studio sull'innovazione nell'industria chimica*, by Anna Ceci, Mario De Marchi, Maurizio Rocchi
- 4/04 *Labour market rigidity and firms' R&D strategies*, by Mario De Marchi and Maurizio Rocchi
- 5/04 *Analisi della tecnologia e approcci alla sua misurazione*, by Mario Coccia
- 6/04 *Analisi delle strutture pubbliche di ricerca scientifica: tassonomia e comportamento strategico*, by Mario Coccia
- 7/04 *Ricerca teorica vs. ricerca applicata. Un'analisi relativa al Cnr*, by Mario Coccia and Secondo Rolfo
- 8/04 *Considerazioni teoriche sulla diffusione delle innovazioni nei distretti industriali: il caso delle ICT*, by Arianna Miglietta
- 9/04 *Le politiche industriali regionali nel Regno Unito*, by Elisa Salvador
- 10/04 *Going public to grow? Evidence from a panel of Italian firms*, by Robert E. Carpenter and L. Rondi
- 11/04 *What Drives Market Prices in the Wine Industry? Estimation of a Hedonic Model for Italian Premium Wine*, by Luigi Benfratello, Massimiliano Piacenza and Stefano Sacchetto
- 12/04 *Brief notes on the policies for science-based firms*, by Mario De Marchi, Maurizio Rocchi
- 13/04 *Countrymetrics e valutazione della performance economica dei paesi: un approccio sistemico*, by Mario Coccia
- 14/04 *Analisi del rischio paese e sistemazione tassonomica*, by Mario Coccia
- 15/04 *Organizing the Offices for Technology Transfer*, by Chiara Franzoni
- 16/04 *Le relazioni tra ricerca pubblica e industria in Italia*, by Secondo Rolfo

- 17/04 *Modelli di analisi e previsione del rischio di insolvenza: una prospettiva delle metodologie applicate*, by Nadia D'Annunzio e Greta Falavigna
- 18/04 *SERIE SPECIALE: Lo stato di salute del sistema industriale piemontese: analisi economico-finanziaria delle imprese piemontesi*, Terzo Rapporto 1999-2002, by Giuseppe Calabrese, Fabrizio Erbetta, Federico Bruno Rolle
- 19/04 *SERIE SPECIALE: Osservatorio sulla dinamica economico-finanziaria delle imprese della filiera del tessile e dell'abbigliamento in Piemonte*, Primo rapporto 1999-2002, by Giuseppe Calabrese, Fabrizio Erbetta, Federico Bruno Rolle
- 20/04 *SERIE SPECIALE: Osservatorio sulla dinamica economico-finanziaria delle imprese della filiera dell'auto in Piemonte*, Secondo Rapporto 1999-2002, by Giuseppe Calabrese, Fabrizio Erbetta, Federico Bruno Rolle

2003

- 1/03 *Models for Measuring the Research Performance and Management of the Public Labs*, by Mario Coccia, March
- 2/03 *An Approach to the Measurement of Technological Change Based on the Intensity of Innovation*, by Mario Coccia, April
- 3/03 *Verso una patente europea dell'informazione: il progetto EnIL*, by Carla Basili, June
- 4/03 *Scala della magnitudo innovativa per misurare l'attrazione spaziale del trasferimento tecnologico*, by Mario Coccia, June
- 5/03 *Mappe cognitive per analizzare i processi di creazione e diffusione della conoscenza negli Istituti di ricerca*, by Emanuele Cadario, July
- 6/03 *Il servizio postale: caratteristiche di mercato e possibilità di liberalizzazione*, by Daniela Boetti, July
- 7/03 *Donne-scienza-tecnologia: analisi di un caso di studio*, by Anita Calcatelli, Mario Coccia, Katia Ferraris and Ivana Tagliafico, July
- 8/03 *SERIE SPECIALE. OSSERVATORIO SULLE PICCOLE IMPRESE INNOVATIVE TRIESTE. Imprese innovative in Friuli Venezia Giulia: un esperimento di analisi congiunta*, by Lucia Rotaris, July
- 9/03 *Regional Industrial Policies in Germany*, by Helmut Karl, Antje Möller and Rüdiger Wink, July
- 10/03 *SERIE SPECIALE. OSSERVATORIO SULLE PICCOLE IMPRESE INNOVATIVE TRIESTE. L'innovazione nelle new technology-based firms in Friuli-Venezia Giulia*, by Paola Guerra, October
- 11/03 *SERIE SPECIALE. Lo stato di salute del sistema industriale piemontese: analisi economico-finanziaria delle imprese piemontesi*, Secondo Rapporto 1998-2001, December
- 12/03 *SERIE SPECIALE. Osservatorio sulla dinamica economico-finanziaria delle imprese della meccanica specializzata in Piemonte*, Primo Rapporto 1998-2001, December
- 13/03 *SERIE SPECIALE. Osservatorio sulla dinamica economico-finanziaria delle imprese delle bevande in Piemonte*, Primo Rapporto 1998-2001, December

2002

- 1/02 *La valutazione dell'intensità del cambiamento tecnologico: la scala Mercalli per le innovazioni*, by Mario Coccia, January
- 2/02 *SERIE SPECIALE IN COLLABORAZIONE CON HERMES. Regulatory constraints and cost efficiency of the Italian public transit systems: an exploratory stochastic frontier model*, by Massimiliano Piacenza, March
- 3/02 *Aspetti gestionali e analisi dell'efficienza nel settore della distribuzione del gas*, by Giovanni Fraquelli and Fabrizio Erbetta, March
- 4/02 *Dinamica e comportamento spaziale del trasferimento tecnologico*, by Mario Coccia, April
- 5/02 *Dimensione organizzativa e performance della ricerca: l'analisi del Consiglio Nazionale delle Ricerche*, by Mario Coccia and Secondo Rolfo, April
- 6/02 *Analisi di un sistema innovativo regionale e implicazioni di policy nel processo di trasferimento tecnologico*, by Monica Cariola and Mario Coccia, April
- 7/02 *Analisi psico-economica di un'organizzazione scientifica e implicazioni di management: l'Istituto Elettrotecnico Nazionale "G. Ferraris"*, by Mario Coccia and Alessandra Monticone, April
- 8/02 *Firm Diversification in the European Union. New Insights on Return to Core Business and Relatedness*, by Laura Rondi and Davide Vannoni, May
- 9/02 *Le nuove tecnologie di informazione e comunicazione nelle PMI: un'analisi sulla diffusione dei siti internet nel distretto di Biella*, by Simona Salinari, June
- 10/02 *La valutazione della soddisfazione di operatori di aziende sanitarie*, by Gian Franco Corio, November
- 11/02 *Analisi del processo innovativo nelle PMI italiane*, by Giuseppe Calabrese, Mario Coccia and Secondo Rolfo, November

- 12/02 *Metrics della Performance dei laboratori pubblici di ricerca e comportamento strategico*, by Mario Coccia, September
- 13/02 *Technometrics basata sull'impatto economico del cambiamento tecnologico*, by Mario Coccia, November

2001

- 1/01 *Competitività e divari di efficienza nell'industria italiana*, by Giovanni Fraquelli, Piercarlo Frigero and Fulvio Sugliano, January
- 2/01 *Waste water purification in Italy: costs and structure of the technology*, by Giovanni Fraquelli and Roberto Giandrone, January
- 3/01 SERIE SPECIALE IN COLLABORAZIONE CON HERMES. *Il trasporto pubblico locale in Italia: variabili esplicative dei divari di costo tra le imprese*, by Giovanni Fraquelli, Massimiliano Piacenza and Graziano Abrate, February
- 4/01 *Relatedness, Coherence, and Coherence Dynamics: Empirical Evidence from Italian Manufacturing*, by Stefano Valvano and Davide Vannoni, February
- 5/01 *Il nuovo panel Ceris su dati di impresa 1977-1997*, by Luigi Benfratello, Diego Margon, Laura Rondi, Alessandro Sembenelli, Davide Vannoni, Silvana Zelli, Maria Zittino, October
- 6/01 *SMEs and innovation: the role of the industrial policy in Italy*, by Giuseppe Calabrese and Secondo Rolfo, May
- 7/01 *Le martingale: aspetti teorici ed applicativi*, by Fabrizio Erbetta and Luca Agnello, September
- 8/01 *Prime valutazioni qualitative sulle politiche per la R&S in alcune regioni italiane*, by Elisa Salvador, October
- 9/01 *Accords technology transfer-based: théorie et méthodologie d'analyse du processus*, by Mario Coccia, October
- 10/01 *Trasferimento tecnologico: indicatori spaziali*, by Mario Coccia, November
- 11/01 *Does the run-up of privatisation work as an effective incentive mechanism? Preliminary findings from a sample of Italian firms*, by Fabrizio Erbetta, October
- 12/01 SERIE SPECIALE IN COLLABORAZIONE CON HERMES. *Costs and Technology of Public Transit Systems in Italy: Some Insights to Face Inefficiency*, by Giovanni Fraquelli, Massimiliano Piacenza and Graziano Abrate, October
- 13/01 *Le NTBFs a Sophia Antipolis, analisi di un campione di imprese*, by Alessandra Ressico, December

2000

- 1/00 *Trasferimento tecnologico: analisi spaziale*, by Mario Coccia, March
- 2/00 *Poli produttivi e sviluppo locale: una indagine sulle tecnologie alimentari nel mezzogiorno*, by Francesco G. Leone, March
- 3/00 *La mission del top management di aziende sanitarie*, by Gian Franco Corio, March
- 4/00 *La percezione dei fattori di qualità in Istituti di ricerca: una prima elaborazione del caso Piemonte*, by Gian Franco Corio, March
- 5/00 *Una metodologia per misurare la performance endogena nelle strutture di R&S*, by Mario Coccia, April
- 6/00 *Soddisfazione, coinvolgimento lavorativo e performance della ricerca*, by Mario Coccia, May
- 7/00 *Foreign Direct Investment and Trade in the EU: Are They Complementary or Substitute in Business Cycles Fluctuations?*, by Giovanna Segre, April
- 8/00 *L'attesa della privatizzazione: una minaccia credibile per il manager?*, by Giovanni Fraquelli, May
- 9/00 *Gli effetti occupazionali dell'innovazione. Verifica su un campione di imprese manifatturiere italiane*, by Marina Di Giacomo, May
- 10/00 *Investment, Cash Flow and Managerial Discretion in State-owned Firms. Evidence Across Soft and Hard Budget Constraints*, by Elisabetta Bertero and Laura Rondi, June
- 11/00 *Effetti delle fusioni e acquisizioni: una rassegna critica dell'evidenza empirica*, by Luigi Benfratello, June
- 12/00 *Identità e immagine organizzativa negli Istituti CNR del Piemonte*, by Paolo Enria, August
- 13/00 *Multinational Firms in Italy: Trends in the Manufacturing Sector*, by Giovanna Segre, September
- 14/00 *Italian Corporate Governance, Investment, and Finance*, by Robert E. Carpenter and Laura Rondi, October
- 15/00 *Multinational Strategies and Outward-Processing Trade between Italy and the CEECs: The Case of Textile-Clothing*, by Giovanni Balcet and Giampaolo Vitali, December
- 16/00 *The Public Transit Systems in Italy: A Critical Analysis of the Regulatory Framework*, by Massimiliano Piacenza, December

1999

- 1/99 *La valutazione delle politiche locali per l'innovazione: il caso dei Centri Servizi in Italia*, by Monica Cariola and Secondo Rolfo, January

- 2/99 *Trasferimento tecnologico ed autofinanziamento: il caso degli Istituti Cnr in Piemonte*, by Mario Coccia, March
- 3/99 *Empirical studies of vertical integration: the transaction cost orthodoxy*, by Davide Vannoni, March
- 4/99 *Developing innovation in small-medium suppliers: evidence from the Italian car industry*, by Giuseppe Calabrese, April
- 5/99 *Privatization in Italy: an analysis of factors productivity and technical efficiency*, by Giovanni Fraquelli and Fabrizio Erbetta, March
- 6/99 *New Technology Based-Firms in Italia: analisi di un campione di imprese triestine*, by Anna Maria Gimigliano, April
- 7/99 *Trasferimento tacito della conoscenza: gli Istituti CNR dell'Area di Ricerca di Torino*, by Mario Coccia, May
- 8/99 *Struttura ed evoluzione di un distretto industriale piemontese: la produzione di casalinghi nel Cusio*, by Alessandra Ressico, June
- 9/99 *Analisi sistemica della performance nelle strutture di ricerca*, by Mario Coccia, September
- 10/99 *The entry mode choice of EU leading companies (1987-1997)*, by Giampaolo Vitali, November
- 11/99 *Esperimenti di trasferimento tecnologico alle piccole e medie imprese nella Regione Piemonte*, by Mario Coccia, November
- 12/99 *A mathematical model for performance evaluation in the R&D laboratories: theory and application in Italy*, by Mario Coccia, November
- 13/99 *Trasferimento tecnologico: analisi dei fruitori*, by Mario Coccia, December
- 14/99 *Beyond profitability: effects of acquisitions on technical efficiency and productivity in the Italian pasta industry*, by Luigi Benfratello, December
- 15/99 *Determinanti ed effetti delle fusioni e acquisizioni: un'analisi sulla base delle notifiche alle autorità antitrust*, by Luigi Benfratello, December

1998

- 1/98 *Alcune riflessioni preliminari sul mercato degli strumenti multimediali*, by Paolo Vaglio, January
- 2/98 *Before and after privatization: a comparison between competitive firms*, by Giovanni Fraquelli and Paola Fabbri, January
- 3/98 **Not available**
- 4/98 *Le importazioni come incentivo alla concorrenza: l'evidenza empirica internazionale e il caso del mercato unico europeo*, by Anna Bottasso, May
- 5/98 *SEM and the changing structure of EU Manufacturing, 1987-1993*, by Stephen Davies, Laura Rondi and Alessandro Sembenelli, November
- 6/98 *The diversified firm: non formal theories versus formal models*, by Davide Vannoni, December
- 7/98 *Managerial discretion and investment decisions of state-owned firms: evidence from a panel of Italian companies*, by Elisabetta Bertero and Laura Rondi, December
- 8/98 *La valutazione della R&S in Italia: rassegna delle esperienze del C.N.R. e proposta di un approccio alternativo*, by Domiziano Boschi, December
- 9/98 *Multidimensional Performance in Telecommunications, Regulation and Competition: Analysing the European Major Players*, by Giovanni Fraquelli and Davide Vannoni, December

1997

- 1/97 *Multinationality, diversification and firm size. An empirical analysis of Europe's leading firms*, by Stephen Davies, Laura Rondi and Alessandro Sembenelli, January
- 2/97 *Qualità totale e organizzazione del lavoro nelle aziende sanitarie*, by Gian Franco Corio, January
- 3/97 *Reorganising the product and process development in Fiat Auto*, by Giuseppe Calabrese, February
- 4/97 *Buyer-supplier best practices in product development: evidence from car industry*, by Giuseppe Calabrese, April
- 5/97 *L'innovazione nei distretti industriali. Una rassegna ragionata della letteratura*, by Elena Ragazzi, April
- 6/97 *The impact of financing constraints on markups: theory and evidence from Italian firm level data*, by Anna Bottasso, Marzio Galeotti and Alessandro Sembenelli, April
- 7/97 *Capacità competitiva e evoluzione strutturale dei settori di specializzazione: il caso delle macchine per confezionamento e imballaggio*, by Secondo Rolfo, Paolo Vaglio, April
- 8/97 *Tecnologia e produttività delle aziende elettriche municipalizzate*, by Giovanni Fraquelli and Piercarlo Frigero, April
- 9/97 *La normativa nazionale e regionale per l'innovazione e la qualità nelle piccole e medie imprese: leggi, risorse, risultati e nuovi strumenti*, by Giuseppe Calabrese, June

- 10/97 *European integration and leading firms' entry and exit strategies*, by Steve Davies, Laura Rondi and Alessandro Sembenelli, April
- 11/97 *Does debt discipline state-owned firms? Evidence from a panel of Italian firms*, by Elisabetta Bertero and Laura Rondi, July
- 12/97 *Distretti industriali e innovazione: i limiti dei sistemi tecnologici locali*, by Secondo Rolfo and Giampaolo Vitali, July
- 13/97 *Costs, technology and ownership form of natural gas distribution in Italy*, by Giovanni Fraquelli and Roberto Giandrone, July
- 14/97 *Costs and structure of technology in the Italian water industry*, by Paola Fabbri and Giovanni Fraquelli, July
- 15/97 *Aspetti e misure della customer satisfaction/dissatisfaction*, by Maria Teresa Morana, July
- 16/97 *La qualità nei servizi pubblici: limiti della normativa UNI EN 29000 nel settore sanitario*, by Efsio Ibba, July
- 17/97 *Investimenti, fattori finanziari e ciclo economico*, by Laura Rondi and Alessandro Sembenelli, rivisto sett. 1998
- 18/97 *Strategie di crescita esterna delle imprese leader in Europa: risultati preliminari dell'utilizzo del data-base Ceris "100 top EU firms' acquisition/divestment database 1987-1993"*, by Giampaolo Vitali and Marco Orecchia, December
- 19/97 *Struttura e attività dei Centri Servizi all'innovazione: vantaggi e limiti dell'esperienza italiana*, by Monica Cariola, December
- 20/97 *Il comportamento ciclico dei margini di profitto in presenza di mercati del capitale meno che perfetti: un'analisi empirica su dati di impresa in Italia*, by Anna Bottasso, December

1996

- 1/96 *Aspetti e misure della produttività. Un'analisi statistica su tre aziende elettriche europee*, by Donatella Cangialosi, February
- 2/96 *L'analisi e la valutazione della soddisfazione degli utenti interni: un'applicazione nell'ambito dei servizi sanitari*, by Maria Teresa Morana, February
- 3/96 *La funzione di costo nel servizio idrico. Un contributo al dibattito sul metodo normalizzato per la determinazione della tariffa del servizio idrico integrato*, by Giovanni Fraquelli and Paola Fabbri, February
- 4/96 *Coerenza d'impresa e diversificazione settoriale: un'applicazione alle società leaders nell'industria manifatturiera europea*, by Marco Orecchia, February
- 5/96 *Privatizzazioni: meccanismi di collocamento e assetti proprietari. Il caso STET*, by Paola Fabbri, February
- 6/96 *I nuovi scenari competitivi nell'industria delle telecomunicazioni: le principali esperienze internazionali*, by Paola Fabbri, February
- 7/96 *Accordi, joint-venture e investimenti diretti dell'industria italiana nella CSI: Un'analisi qualitativa*, by Chiara Monti and Giampaolo Vitali, February
- 8/96 *Verso la riconversione di settori utilizzatori di amianto. Risultati di un'indagine sul campo*, by Marisa Gerbi Sethi, Salvatore Marino and Maria Zittino, February
- 9/96 *Innovazione tecnologica e competitività internazionale: quale futuro per i distretti e le economie locali*, by Secondo Rolfo, March
- 10/96 *Dati disaggregati e analisi della struttura industriale: la matrice europea delle quote di mercato*, by Laura Rondi, March
- 11/96 *Le decisioni di entrata e di uscita: evidenze empiriche sui maggiori gruppi italiani*, by Alessandro Sembenelli and Davide Vannoni, April
- 12/96 *Le direttrici della diversificazione nella grande industria italiana*, by Davide Vannoni, April
- 13/96 *R&S cooperativa e non-cooperativa in un duopolio misto con spillovers*, by Marco Orecchia, May
- 14/96 *Unità di studio sulle strategie di crescita esterna delle imprese italiane*, by Giampaolo Vitali and Maria Zittino, July. **Not available**
- 15/96 *Uno strumento di politica per l'innovazione: la prospezione tecnologica*, by Secondo Rolfo, September
- 16/96 *L'introduzione della Qualità Totale in aziende ospedaliere: aspettative ed opinioni del middle management*, by Gian Franco Corio, September
- 17/96 *Shareholders' voting power and block transaction premia: an empirical analysis of Italian listed companies*, by Giovanna Nicodano and Alessandro Sembenelli, November
- 18/96 *La valutazione dell'impatto delle politiche tecnologiche: un'analisi classificatoria e una rassegna di alcune esperienze europee*, by Domiziano Boschi, November
- 19/96 *L'industria orafa italiana: lo sviluppo del settore punta sulle esportazioni*, by Anna Maria Gaibisso and Elena Ragazzi, November

- 20/96 *La centralità dell'innovazione nell'intervento pubblico nazionale e regionale in Germania*, by Secondo Rolfo, December
- 21/96 *Ricerca, innovazione e mercato: la nuova politica del Regno Unito*, by Secondo Rolfo, December
- 22/96 *Politiche per l'innovazione in Francia*, by Elena Ragazzi, December
- 23/96 *La relazione tra struttura finanziaria e decisioni reali delle imprese: una rassegna critica dell'evidenza empirica*, by Anna Bottasso, December

1995

- 1/95 *Form of ownership and financial constraints: panel data evidence on leverage and investment choices by Italian firms*, by Fabio Schiantarelli and Alessandro Sembenelli, March
- 2/95 *Regulation of the electric supply industry in Italy*, by Giovanni Fraquelli and Elena Ragazzi, March
- 3/95 *Restructuring product development and production networks: Fiat Auto*, by Giuseppe Calabrese, September
- 4/95 *Explaining corporate structure: the MD matrix, product differentiation and size of market*, by Stephen Davies, Laura Rondi and Alessandro Sembenelli, November
- 5/95 *Regulation and total productivity performance in electricity: a comparison between Italy, Germany and France*, by Giovanni Fraquelli and Davide Vannoni, December
- 6/95 *Strategie di crescita esterna nel sistema bancario italiano: un'analisi empirica 1987-1994*, by Stefano Olivero and Giampaolo Vitali, December
- 7/95 *Panel Ceris su dati di impresa: aspetti metodologici e istruzioni per l'uso*, by Diego Margon, Alessandro Sembenelli and Davide Vannoni, December

1994

- 1/94 *Una politica industriale per gli investimenti esteri in Italia: alcune riflessioni*, by Giampaolo Vitali, May
- 2/94 *Scelte cooperative in attività di ricerca e sviluppo*, by Marco Orecchia, May
- 3/94 *Perché le matrici intersettoriali per misurare l'integrazione verticale?*, by Davide Vannoni, July
- 4/94 *Fiat Auto: A simultaneous engineering experience*, by Giuseppe Calabrese, August

1993

- 1/93 *Spanish machine tool industry*, by Giuseppe Calabrese, November
- 2/93 *The machine tool industry in Japan*, by Giampaolo Vitali, November
- 3/93 *The UK machine tool industry*, by Alessandro Sembenelli and Paul Simpson, November
- 4/93 *The Italian machine tool industry*, by Secondo Rolfo, November
- 5/93 *Firms' financial and real responses to business cycle shocks and monetary tightening: evidence for large and small Italian companies*, by Laura Rondi, Brian Sack, Fabio Schiantarelli and Alessandro Sembenelli, December

Free copies are distributed on request to Universities, Research Institutes, researchers, students, etc.

Please, write to:

MARIA ZITTINO, Working Papers Coordinator
 CERIS-CNR, Via Real Collegio, 30; 10024 Moncalieri (Torino), Italy
 Tel. +39 011 6824.914; Fax +39 011 6824.966; m.zittino@ceris.cnr.it; <http://www.ceris.cnr.it>

Copyright © 2005 by CNR-Ceris

All rights reserved. Parts of this paper may be reproduced with the permission of the author(s) and quoting the authors and CNR-Ceris