

Prefazione

Questo libro nasce dall'esigenza di fornire una trattazione ampia dell'innovazione nelle economie moderne. Come è ormai ampiamente riconosciuto a tutti i livelli, l'innovazione è diventata uno degli elementi più importanti della nostra vita quotidiana, dello sviluppo dei sistemi economici, della performance delle imprese e della competitività internazionale di industrie e paesi.

In questo libro viene presentata l'*economia dell'innovazione*. È questo un campo che è prepotentemente cresciuto negli ultimi venti anni, sviluppando caratteristiche proprie ma mantenendo stretti legami con altri campi che toccano tematiche complementari: economia industriale, economia internazionale, sviluppo, economia del lavoro, organizzazione e strategia aziendale. Nella sua accezione più ampia l'economia dell'innovazione intende esaminare natura, caratteristiche, determinanti e conseguenze dell'innovazione e della sua diffusione nel sistema economico; i soggetti economici e le istituzioni coinvolti nella dinamica innovativa; i processi di apprendimento, generazione di conoscenza, competizione, selezione ed interazione; gli aspetti cognitivi, comportamentali, organizzativi e istituzionali associati all'innovazione.

In estrema sintesi, l'economia dell'innovazione può essere caratterizzata per una forte enfasi su cinque capisaldi: dinamica come metodologia di indagine; innovazione come processo; apprendimento e conoscenza alla base del processo innovativo; rilevanza delle interazioni tra soggetti; ruolo chiave delle istituzioni.

Nello specifico, il libro tocca un'ampia gamma di tematiche in economia dell'innovazione, da quelle più generali e teoriche a quelle più applicate ed empiriche. Una prima parte del volume discute le principali teorie e le due scuole di pensiero che più hanno contribuito all'esame dell'innovazione: l'approccio neoclassico (CAP. 2) e l'approccio evolutivo (CAPP. 3 e 4). In seguito viene analizzata la relazione tra scienza, tecnologia e conoscenza (CAP. 5). L'impresa innovativa

nelle sue dimensioni di apprendimento, conoscenza, competenze, organizzazione e strategie è esaminata nei CAPP. 6 e 7. In seguito vengono discussi i pattern settoriali dell'attività innovativa e la dinamica industriale (CAPP. 8 e 9). I CAP. 10, 11 e 12 affrontano il tema della diffusione della innovazione, a livello di impresa, settore e regione. Il ruolo delle istituzioni e la politica pubblica di sostegno all'innovazione e alla diffusione vengono discussi nei CAPP. 13 e 14. Nell'ultima parte del volume sono analizzati la competizione tecnologica internazionale tra paesi avanzati (CAP. 15) e il sistema innovativo italiano (CAP. 16). Infine vengono esaminati due argomenti specifici di grande importanza: la relazione tra tecnologia ed occupazione (CAP. 17) e tra innovazione, crescita e sviluppo economico (CAP. 18).

Questo volume intende fornire una trattazione sistematica dell'argomento per studenti di economia politica, economia aziendale, ingegneria, scienze politiche ed altre discipline che si interessano a vario titolo di innovazione. È consigliabile (ma non necessario) che lo studente abbia avuto almeno un corso introduttivo di microeconomia ed economia industriale. Lo studente alle prime armi può comprendere gli argomenti essenziali di ogni capitolo, eliminando le parti più avanzate.

Alla fine di ogni capitolo abbiamo inserito un paragrafo "Suggerimenti e future linee di ricerca" che riteniamo utile per chi vuole saperne di più su un certo tema e intende svolgere un lavoro di ricerca o una tesi su uno specifico argomento.

La struttura del volume riflette il corso di Economia dell'Innovazione che ho tenuto presso l'Università Bocconi per diversi anni. Alcune tematiche del volume sono state insegnate anche all'interno dell'insegnamento di Economia Industriale nel Corso di Laurea di Ingegneria Gestionale presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Brescia. L'articolazione e il contenuto del libro sono il risultato finale di continui aggiustamenti e cambiamenti, conseguenza dell'emergere incessante di nuovi risultati e tematiche, caratteristica tipica di un campo scientifico giovane e dinamico come l'economia dell'innovazione.

Come si può notare dall'indice, il libro è stato steso da più autori, diversi dei quali sono stati prima studenti del mio corso alla Bocconi, e poi hanno lavorato, spesso con me, su diversi temi specifici. Tutti gli autori del libro condividono essenzialmente due punti. Il primo riguarda il tentativo di superare schemi relativamente tradizionali e di usare in economia dell'innovazione concetti, metodologie e teorie "innovativi". Il secondo riguarda la necessità di collegare strettamente l'insegnamento dell'economia dell'innovazione ad una continua ricer-

ca scientifica svolta alla frontiera, sia a livello nazionale che internazionale. È infatti nostra convinzione che solo dal continuo e duro confronto scientifico l'insegnamento possa trarre nuova linfa e intensità.

Molti dei temi di ricerca, sia miei che degli altri autori, sono stati sviluppati al CESPRI dell'Università Bocconi, un centro di ricerca che raggruppa un gruppo di economisti industriali interessati alle tematiche dell'innovazione tecnologica. Della fertile atmosfera e della vivace interazione che si sono create al CESPRI, e che continuano a caratterizzarlo, abbiamo tutti beneficiato, *in primis* il sottoscritto.

Desidero ringraziare Monica Cippi, che ha svolto un lavoro eccellente, sopportando l'editing di diverse versioni del volume e uniformando capitoli diversi provenienti da autori diversi. A lei va la mia più sentita riconoscenza. Lorenzo Cassi, Nicoletta Corrocher, Christian Garavaglia, Roberta Iaboni, Nicola Lacetera, Andrea Morrison, Chiara Pennasi, Luca Tobagi, Lorenzo Zirulia, hanno contribuito alla preparazione ed ultimazione del libro. Sono grato del loro apporto. Il CNR ed il MURST-Progetti 40% hanno sostenuto la ricerca e la stesura di diversi capitoli del libro.

FRANCO MALERBA

Milano, febbraio 2000

Un'introduzione all'economia dell'innovazione

di *Franco Malerba*

I.1

Introduzione

«L'innovazione è diventata la religione industriale della fine del xx secolo. Le imprese la vedono come lo strumento chiave per aumentare profitti e quote di mercato. I governi si affidano ad essa quando cercano di migliorare l'economia. Nel mondo, la retorica dell'innovazione ha recentemente rimpiazzato quella dell'economia del benessere, presente dal secondo dopoguerra. È la nuova teologia che unisce sinistra e destra a livello politico [...]. Ma cosa precisamente è l'innovazione è difficile dirlo, ancora di più misurarlo» (“Economist”, 20 febbraio 1999, Survey of Innovation in Industry).

L'affermazione sull’“Economist” è soltanto una tra le innumerevoli che in questi anni hanno sottolineato la centralità dell'innovazione nelle economie moderne. Infatti negli ultimi anni l'innovazione ha giocato un ruolo sempre più rilevante per le imprese, la crescita delle economie, la competitività delle nazioni, lo sviluppo dei paesi arretrati, la nascita e il declino di settori e tecnologie. Si pensi ad esempio al ruolo delle strategie di R-S, alla rilevanza per le piccole imprese dell'adozione di avanzate tecnologie informatiche o di nuovi macchinari che incorporano elettronica, all'importanza dei settori ad alta tecnologia (come l'elettronica o la farmaceutica) o di quelli basati sulla tecnologia (come l'alimentare) per la competitività internazionale e la crescita dei paesi avanzati, ai problemi del trasferimento di tecnologia e del suo assorbimento per i paesi emergenti, alla nascita di nuove industrie come la biotecnologia. L'innovazione ha insomma influito sul modo di agire, crescere, competere e cooperare delle imprese e degli attori economici.

Questo libro intende presentare un'analisi economica – *economia dell'innovazione* – di tutti questi aspetti legati all'innovazione, in particolare dell'innovazione tecnologica. *L'economia dell'innovazione* è

notevolmente cresciuta come campo di indagine autonomo negli ultimi trent'anni, mantenendo stretti legami con l'economia industriale, l'economia internazionale, l'economia dello sviluppo, l'economia del lavoro, l'organizzazione e la strategia aziendale. Come ricordato nella *Prefazione*, l'economia dell'innovazione ha l'obiettivo di esaminare natura, caratteristiche, determinanti e conseguenze dell'innovazione e della diffusione della tecnologia a livello di impresa, settore e sistema economico; i soggetti e le istituzioni coinvolti nella dinamica innovativa; i processi di apprendimento, generazione di conoscenza, competizione, selezione ed interazione tra i soggetti economici e tra questi e le istituzioni; gli aspetti cognitivi, comportamentali, organizzativi ed istituzionali associati a questi fenomeni. In estrema sintesi, l'economia dell'innovazione può essere caratterizzata da una forte enfasi su cinque capisaldi: *dinamica* come metodologia di analisi; *innovazione* come *processo*; *apprendimento* e *conoscenza* alla base del processo innovativo; *rilevanza* delle *interazioni* tra soggetti; ruolo chiave delle *istituzioni*.

In questo capitolo viene discussa brevemente la rilevanza dell'innovazione tecnologica nel pensiero economico, in particolare in Schumpeter e nelle due principali scuole economiche – neoclassica ed evolutiva – che l'hanno esaminata approfonditamente (PAR. 1.2). In seguito vengono illustrate alcune definizioni e concetti chiave (PAR. 1.3) e vengono introdotti i principali indicatori quantitativi di innovazione (PAR. 1.4). Infine viene presentata la struttura del libro (PAR. 1.5).

1.2

L'innovazione tecnologica nel pensiero economico: Schumpeter

1.2.1. Una brevissima sintesi del pensiero economico prima di Schumpeter

Nella storia del pensiero economico l'innovazione e il cambiamento tecnologico hanno occupato una posizione di crescente importanza. Questo paragrafo non intende presentare una storia dettagliata delle riflessioni al riguardo (per altro già lucidamente fatta da Heertje, 1973; Rosenberg, 1982b; Freeman, 1982; Dosi *et al.*, 1988, a cui si rimanda per approfondimenti), ma accennare brevemente ad alcuni contributi fondamentali che hanno consentito una più approfondita comprensione di questi temi.

Nella *Ricchezza delle Nazioni*, pubblicato nel 1776, Adam Smith considera l'innovazione da un punto di vista particolare: la relazione tra cambiamento tecnologico, divisione del lavoro e mutamento strut-

turale dell'economia. In particolare, egli si concentra non sulla generazione di innovazioni, ma sulla incorporazione del progresso tecnologico nei beni capitali (cfr. PAR. 1.3) e sui suoi effetti sulla produttività del lavoro, sulla specializzazione e sulla occupazione. Smith sottolinea come la divisione del lavoro sia limitata dall'ampiezza del mercato, e generi una elevata produttività del lavoro attraverso la specializzazione dei compiti e l'apprendimento per esperienza.

Come Smith, anche *David Ricardo*, nel capitolo *On Machinery* dei *Principles of Political Economy* (1817), è principalmente interessato alle conseguenze del progresso tecnologico ed al progresso tecnico incorporato. In Ricardo è presente una chiara analisi dei meccanismi di natura endogena (aumento della domanda come conseguenza della diminuzione dei prezzi dovuta al progresso tecnico) ed esogena (produzione di nuove macchine) attraverso i quali il cambiamento tecnologico ha effetti sulla occupazione: da queste riflessioni scaturisce la cosiddetta teoria della compensazione (cfr. a questo proposito il CAP. 17 di questo libro).

Marx enfatizza il ruolo chiave della tecnologia nelle moderne economie. Vi sono alcuni temi assai importanti che Marx ha individuato e discusso (si veda la chiara discussione in Rosenberg, 1982a). Innanzitutto, per Marx le macchine incorporano e codificano sempre più le varie fasi della produzione. Inoltre, emerge un settore produttore specializzato in macchine, con un ciclo di vita nel quale esse passano da inefficienti a standardizzate. In terzo luogo, Marx sottolinea che l'innovazione è un processo sociale e non individuale: la storia delle invenzioni non è solo la storia degli inventori, ma deve essere inserita nell'esame delle relazioni e dei conflitti che esistono tra gruppi e classi di soggetti economici. Infine, esiste in Marx una discussione del ruolo degli incentivi nel cambiamento tecnologico: lo stimolo ad innovare proviene dalla pressione competitiva capitalistica e dall'ampiezza dei mercati (si pensi alla discussione nel *Manifesto* sull'effetto della crescita dei mercati americani sui miglioramenti nella navigazione).

In questa brevissima introduzione, è rilevante ricordare anche un inventore-manager, *Charles Babbage*, e un tecnologo, *Abbot Payson Usher*, in quanto essi hanno introdotto alcuni concetti chiave in economia dell'innovazione. Charles Babbage, nel suo *On the Economy of Machinery and Manufacturers* (1832), introduce la distinzione tra il fare e la manifattura: il primo riguarda un singolo pezzo, mentre la seconda significa produzione di numerosi pezzi identici su larga scala. Questo implica che, quando si passa dal prototipo alla produzione su larga scala, l'elemento organizzativo gioca un ruolo rilevante. Inoltre

Babbage sviluppa l'idea di Smith della specializzazione e individua proprio nell'apprendimento da specializzazione una delle cause principali dell'avanzamento tecnico.

Abbot Payson Usher, nel suo *A History of Mechanical Inventions* (1954) (pubblicato nella sua prima edizione 1921), considera l'innovazione come un processo. Per Usher le innovazioni sono frutto di un fenomeno di «sintesi cumulativa» che dalla percezione di un problema conduce alla introduzione iniziale di un'innovazione e quindi alla sua progressiva modificazione e miglioramento. Nello specifico, la sintesi cumulativa si realizza in quattro progressive fasi: percezione di un problema, preparazione della soluzione (che comprende lo studio del problema e dell'ambiente e lo sviluppo degli skill necessari per risolverlo), invenzione (definita come atto individuale di intuizione e comprensione che permette la soluzione del problema) e revisione critica dell'invenzione (in cui l'invenzione viene adattata al contesto economico, tecnologico e settoriale). L'attualità del pensiero di Usher risiede nella rappresentazione dell'innovazione come processo e nell'individuazione delle dimensioni di questo processo: cognitiva (percezione e invenzione), organizzativa (preparazione) e di adattamento al contesto (revisione).

1.2.2. Joseph Schumpeter (1883-1950)

Joseph Schumpeter è stato colui che per primo ha discusso ed esaminato in modo ampio, sistematico, approfondito ed articolato il ruolo dell'innovazione nelle moderne economie industriali ¹. Schumpeter ha fornito numerosi contributi rilevanti riguardanti l'innovazione ed il mutamento tecnologico. Alcuni di questi sono molto conosciuti e sono stati ampiamente analizzati e discussi dalla letteratura economica; altri o sono meno conosciuti, o sono stati sviluppati solo recentemente.

Lo Schumpeter più conosciuto

È noto che Schumpeter considera l'innovazione come la determinante principale del mutamento industriale. Per l'economista austriaco l'innovazione deve essere tenuta distinta dall'invenzione. L'invenzione rimane qualcosa di puramente scientifico o tecnologico, che Schumpeter però non definisce mai in modo esauriente. L'innovazione, invece,

1. Questa parte si rifa al contributo *L'eredità schumpeteriana in tema di innovazione*, in Filippini, Porta (1985).

consiste nel «far qualcosa di nuovo» nel sistema economico, e non deriva necessariamente da una invenzione. Per Schumpeter (1939, p. 84, e 1928, pp. 361-86), infatti, «l'innovazione è possibile senza una invenzione corrispondente».

L'innovazione consiste in nuove combinazioni di mezzi di produzione, cioè nell'introduzione di nuovi beni e/o di nuovi metodi di produzione, nella creazione di nuove forme organizzative, nell'apertura di nuovi mercati e nella conquista di nuove fonti di approvvigionamento (Schumpeter, 1971, p. 76). L'innovazione non è altro che una risposta creativa, che si verifica «ogniqualevolta l'economia o un settore, od alcune aziende di un settore fanno qualcosa di diverso, qualcosa che è al di fuori della pratica esistente» (Schumpeter, 1967, p. 68). Essa deve essere tenuta distinta dalla risposta adattativa, che invece si manifesta «ogni qualvolta un'economia od un settore di una economia si adatta ai mutamenti della situazione nel modo descritto dalla teoria tradizionale» (ivi, p. 68).

L'innovazione può avere luogo in imprese di ridotte o di grandi dimensioni. Nel primo caso un singolo individuo, l'imprenditore, è l'attore principale nel processo innovativo. Tale situazione caratterizza il capitalismo concorrenziale del secolo XIX e viene descritta da Schumpeter in *La teoria dello sviluppo economico* (1971). Nel secondo caso la grande impresa burocratizzata diventa la sede principale dell'innovazione. Tale situazione caratterizza il capitalismo trustificato del secolo XX e viene descritta in *Capitalismo, socialismo, democrazia* (1977a). Bisogna ricordare però a questo proposito che per Schumpeter «la pura dimensione non è né necessaria né sufficiente» per innovare (Schumpeter, 1977a, p. 96; 1928).

L'innovazione origina un profitto, che è temporaneo. Esso può perdurare nel tempo se l'attività innovativa dell'impresa rimane sostenuta; in caso contrario, esso scompare in seguito alla reazione delle altre imprese, e questo si verifica sia nel capitalismo concorrenziale che in quello trustificato. In quest'ultimo caso, infatti, «specialmente nell'industria manifatturiera, una posizione monopolistica non è, in genere, un cuscino sul quale dormire sonni tranquilli; può essere mantenuta, come può essere conquistata, solo con abilità ed energia» (ivi, p. 97).

Per Schumpeter il fenomeno innovativo deve essere studiato non solo teoricamente, ma anche, e in modo particolare, in prospettiva storica. Nello studio dell'innovazione, infatti, «è necessaria una raccolta ampia di monografie su industrie e localizzazioni, tutte redatte secondo lo stesso criterio, che dia grande importanza al continuo cambiamento storico nella produzione e nel consumo ed alla qualità

ed al comportamento della direzione aziendale» (1951, p. 314). Tale posizione si inquadra assai bene nella concezione schumpeteriana della storia come fonte di conoscenza del funzionamento del sistema economico e nel suo individualismo metodologico (1939, CAP. 6; 1982).

Questi contributi sono i più conosciuti e discussi. Essi sono stati ampiamente elaborati e sviluppati nell'economia dell'innovazione a partire dal secondo dopoguerra, e in particolare a partire dagli anni sessanta. Innanzitutto, si sono analizzate la relazione tra dimensione di impresa ed innovazione e quella tra potere di mercato ed innovazione (come verrà discusso nei capitoli seguenti). Si sono inoltre studiati i legami tra innovazione e crescita dell'impresa e le conseguenze del mutamento tecnologico sulle barriere all'entrata. Si è infine ripresa e rielaborata una conclusione implicita nell'analisi di Schumpeter, quella della endogeneità tra innovazione e struttura di mercato, secondo la quale la struttura di mercato determina il tasso di innovazione, che a sua volta determina la struttura di mercato.

D'altro canto, nei suoi contributi Schumpeter non approfondisce tre importanti aspetti del mutamento tecnologico: l'importanza della scienza e della tecnologia nel determinare il tasso innovativo di un settore, la continuità del mutamento tecnologico e la rilevanza del processo di diffusione delle innovazioni. È vero che Schumpeter accenna a tali aspetti in alcune sue pagine: infatti, riconosce che non esistono differenze qualitative, ma solo quantitative, tra innovazioni radicali, innovazioni incrementali e semplici miglioramenti di tecnologie esistenti (1928, p. 378, nota 1; 1977b, p. 129, nota). Inoltre, tocca l'aspetto della diffusione delle innovazioni ed afferma che questo processo può essere ostacolato da resistenze da parte delle imprese esistenti verso nuovi prodotti o processi, perché «i nuovi prodotti e processi [...] sono in generale insoddisfacenti» (1939, p. 243). Ma Schumpeter non sviluppa, anzi talvolta sembra negare, tali aspetti. In un altro dei suoi scritti, per esempio, afferma che «le innovazioni sono cambiamenti nelle funzioni di produzione che non possono essere decomposti in parti infinitesimali» (1935, p. 4).

Infatti ciò che a Schumpeter preme è sottolineare la centralità dell'innovazione nella dinamica economica, la discontinuità e la disarmonia del mutamento industriale e l'importanza dell'imprenditore nel processo innovativo. La centralità dell'innovazione nel suo schema di dinamica economica porta Schumpeter a separarla nettamente dall'invenzione. L'invenzione e lo sviluppo scientifico e tecnologico vengono considerati esogeni rispetto al sistema economico; di conseguenza non vengono analizzati né l'effetto che fattori economici e sociali

hanno sullo sviluppo scientifico e tecnologico, né l'influenza che quest'ultimo ha sull'innovazione. L'intenzione di sottolineare la centralità dell'imprenditore e la sua funzione di leadership porta inoltre Schumpeter ad analizzare le sole innovazioni radicali; per lui, esse non sono altro che «un caso speciale del fenomeno della leadership» (1928, p. 65) e dimostrano, con le loro conseguenze sul sistema economico, quanto sia importante la funzione svolta dall'imprenditore.

Tale posizione ha influito non poco sugli approcci adottati in seguito nello studio dell'innovazione e del mutamento tecnologico, in particolare negli anni sessanta. In numerosi contributi pionieristici le innovazioni sono state considerate come indipendenti dallo sviluppo scientifico e tecnologico e sono state esaminate solo in quanto innovazioni radicali. Va notato che tale posizione si è nel tempo modificata, come vedremo più avanti: si è dimostrato come lo sviluppo scientifico e tecnologico abbia una notevole e complessa influenza sull'innovazione nei vari settori (cfr. il CAP. 5); come non solo le innovazioni radicali, ma pure quelle "minori" e incrementali concorrano a determinare il tasso, il tipo e la direzione del mutamento tecnologico; ed infine come la diffusione sia strettamente interrelata con l'innovazione e sia almeno tanto importante quanto quest'ultima nel determinare il mutamento tecnologico (cfr. i CAPP. 10 e 11).

*Ulteriori contributi schumpeteriani in tema di innovazione
e di imprese innovative*

L'eredità schumpeteriana in tema di comprensione del progresso tecnologico non consiste solo negli aspetti accennati. Schumpeter infatti ha fornito ulteriori contributi riguardanti le caratteristiche del processo innovativo: il concetto di innovazione come evento ad esito incerto e di imprenditore come di soggetto a razionalità limitata; il raggruppamento delle innovazioni nel tempo ed in specifici settori, e infine la distinzione delle imprese in nuove e vecchie. Esaminiamoli brevemente.

Innanzitutto Schumpeter caratterizza l'innovazione come un *processo ad esito incerto*. L'innovazione (cioè la reazione creativa) «ha almeno tre caratteristiche essenziali. Innanzitutto, dal punto di vista dell'osservatore che possieda tutti i fatti rilevanti, essa può essere compresa solo *ex post*, mentre non lo può essere praticamente mai *ex ante*, vale a dire che non può essere prevista applicando le regole ordinarie di inferenza dai fatti preesistenti» (1967, p. 68). L'innovazione, cioè «la scelta di nuovi metodi, non è un elemento insito nel concetto di attività economica razionale né una cosa ovvia, ma un pro-

cesso distinto che necessita di una particolare spiegazione», (1971, p. 90, nota). Questa caratterizzazione richiama il concetto di incertezza non misurabile di F. Knight, che Schumpeter discute brevemente nella sua *Storia dell'analisi economica* (1960, p. 1099). Tale concetto riveste grande importanza teorica. Esso pone Schumpeter tra coloro che considerano l'innovazione come un evento strutturalmente e profondamente incerto: l'innovatore, infatti, non conosce neppure la distribuzione di probabilità relativa ai possibili risultati della sua attività innovativa. Tale tipo di incertezza riguarda in primo luogo le innovazioni radicali e, in misura assai inferiore, le innovazioni incrementali.

Durante il processo innovativo l'imprenditore ha una *razionalità limitata*. L'imprenditore, infatti, non può «afferrare esaurientemente tutti gli effetti e le ripercussioni dell'impresa progettata. La misura stessa di tale lavoro di previsione, che sarebbe teoricamente possibile, secondo l'ambiente e l'occasione, quando si disponga di tempo e mezzi illimitati, pone difficoltà praticamente insormontabili» (1971, p. 95). La razionalità limitata sia dell'imprenditore che dell'impresa innovatrice implica che non sia possibile calcolare esattamente una soluzione ottimale riguardante l'attività innovativa; di conseguenza le strategie innovative delle imprese possono differire grandemente. I concetti di razionalità limitata dell'innovatore e di incertezza riguardo all'esito dell'attività innovativa sono discussi brevemente da Schumpeter, ma sono stati ripresi e ampiamente sviluppati in periodi recenti, in particolare dagli anni settanta in avanti. In quest'ottica sono state analizzate le strategie e i comportamenti di impresa in settori ad elevato mutamento tecnologico (cfr. il CAP. 6), e l'evoluzione di questi settori (come discusso nel CAP. 9).

Una terza caratteristica delle innovazioni riguarda il loro raggruppamento *nel tempo e in specifici settori*. Secondo Schumpeter «le innovazioni non rimangono eventi isolati e non sono distribuite in modo uniforme nel tempo, ma tendono al contrario ad ammassarsi, a sorgere in grappoli; le innovazioni non sono in nessun momento distribuite casualmente in tutto il sistema economico, ma tendono a concentrarsi in certi settori e nei loro dintorni» (1977b, p. 128). Schumpeter afferma che gli stessi cicli economici degli ultimi due secoli sono legati a numerose innovazioni occorse in specifici settori. Alle innovazioni tessili e all'introduzione della macchina a vapore è seguita l'introduzione della ferrovia e dell'acciaio, per giungere infine alle innovazioni chimiche e alle applicazioni dell'elettricità e del motore a combustione interna (1928, pp. 376-7; 1935, pp. 7-8). Tale posizione sottolinea quindi la storicità e la irregolarità del fenomeno in-

novativo ed il suo intensificarsi in settori di volta in volta differenti e legati alla dinamica industriale.

Una simile caratterizzazione dell'emergere delle innovazioni è stata ripresa recentemente e sviluppata in alcune precise direzioni. Innanzitutto, si è cercato di verificare a livello quantitativo la relazione tra grappoli di innovazioni e ciclo economico dall'inizio del secolo XIX. In secondo luogo, si sono esaminate le cause e le conseguenze del raggruppamento delle innovazioni nel secondo dopoguerra in specifici settori, quali l'elettronica e la farmaceutica. Infine, si è sviluppato e discusso il concetto di industrie strategiche, cioè di industrie ad elevato tasso di sviluppo tecnologico ed importanti per l'economia nel suo complesso.

Un quarto contributo schumpeteriano riguarda le *imprese* e l'*innovazione*. Schumpeter analizzò la dinamica innovativa di un'industria distinguendo non soltanto tra imprese di piccole e di grandi dimensioni, ma pure tra imprese "giovani" e imprese "vecchie". In molti casi tali categorie si sovrappongono: la nuova impresa è piccola e quella vecchia è più grande. Per Schumpeter l'età dell'impresa riveste grande importanza nello spiegare il livello innovativo e l'investimento nelle nuove tecnologie. Infatti (Schumpeter, 1977b, pp. 121-2 e 124):

tutte le innovazioni ² sono incorporate in una nuova impresa fondata a questo scopo. La maggior parte delle imprese nuove sorgono con un'intenzione e per uno scopo preciso. Muoiono quando quell'intenzione, o quello scopo, si sono realizzati o sono diventati obsoleti, o hanno cessato di essere nuovi [...]. Altre [imprese] muoiono di morte "naturale" [...]; la causa "naturale", per le imprese, è precisamente la loro incapacità di tenere il passo con l'innovazione, che esse stesse avevano contribuito a creare nel loro periodo di maggiore vitalità. Nessuna impresa che sia gestita esclusivamente in base a direttrici prestabilite, indipendentemente dalla consapevolezza che la direzione possiede di queste routine, rimane a lungo fonte di profitto nella società capitalistica [...]. Le innovazioni emergono in primo luogo dalle "[imprese] giovani" e le "[imprese] vecchie" mostrano di regola sintomi di ciò che eufemisticamente viene chiamato conservatorismo. [...] Ogni impresa [...] appena nasce [...] inevitabilmente minaccia anche la struttura esistente della sua industria o settore [...]. Il progresso industriale, per la maggior parte delle imprese esistenti, arriva ad un dato momento presentandosi come un attacco

2. Definite come «un cambiamento di una qualche funzione di produzione del primo ordine di grandezza, [...] cioè innovazioni maggiori ed anche molte innovazioni minori che comportano la costruzione di "nuovi impianti" – o la ricostruzione di vecchi impianti – che richiedono un dispendio non indifferente di tempo e di denaro» (Schumpeter, 1977b, p. 121).

dall'esterno. Prendendo l'industria nel suo insieme, c'è sempre un settore innovativo in lotta con un settore "vecchio".

Per Schumpeter le "vecchie" imprese cercheranno di sopravvivere e di contrastare le nuove sia con l'imitazione che con innovazioni incrementali. Nel primo caso «le imprese esistenti, o "vecchie", per un certo tempo continuano come prima e poi reagiscono adeguandosi al nuovo stato di cose sotto la pressione della concorrenza» (1977b, p. 123). Nel secondo caso le "vecchie" imprese diventano innovative e «coordina[no] con l'apparato preesistente [le innovazioni] che, perciò, non [hanno] bisogno di affermarsi nell'industria mediante un processo concorrenziale autonomo» (*ibid.*). In quest'ultimo caso, però, le innovazioni non sono radicali e «c'è una ragione nel considerare le innovazioni [...] come funzione della dimensione dell'impresa» (1939, p. 97, nota).

Anche se Schumpeter non discute dettagliatamente la relazione tra l'età e la dimensione delle imprese, da un lato, ed il tipo di innovazione, dall'altro, la sua intuizione è stata ripresa e sviluppata in seguito. Si è riscontrato innanzitutto che in industrie nuove e con un elevato mutamento tecnologico le nuove imprese sono uno dei fattori principali del mutamento tecnologico. Inoltre si è verificato che la struttura di mercato quanto a composizione per età e dimensione delle imprese influenza il tipo, la direzione e il tasso del mutamento tecnologico. Ma è valida anche la relazione inversa: lo stadio di sviluppo di un'industria e la velocità del mutamento tecnologico influenzano la struttura di mercato.

Alcune considerazioni finali su Schumpeter

Il contributo di Schumpeter allo studio dell'innovazione è quindi notevole e complesso. Alcune tematiche, da lui discusse diffusamente, ne hanno caratterizzato fortemente l'opera: la distinzione tra invenzione e innovazione, il passaggio dal capitalismo concorrenziale al capitalismo trustificato, il ruolo dell'imprenditore e il profitto temporaneo risultante dall'innovazione. Altri temi non hanno assunto una rilevanza notevole fino a tempi recenti: tra questi, il raggruppamento delle innovazioni nel tempo e in settori specifici, la distinzione tra imprese nuove e vecchie nel processo innovativo e il concetto di innovazione come evento ad esito incerto. In conclusione, si può affermare che il contributo di Schumpeter risente delle finalità ultime di tutta la sua opera, che riguardano lo studio della dinamica del sistema capitalistico e non dell'innovazione in se stessa. Di conseguenza, in Schum-

peter si trova più una descrizione del processo innovativo e un'analisi delle sue conseguenze sul sistema economico che un esame delle sue determinanti. Inoltre, nella descrizione del processo innovativo, egli privilegia gli aspetti di discontinuità e di radicalità del mutamento tecnologico, piuttosto che quelli di continuità e di incrementalismo.

1.2.3. Due scuole contemporanee a confronto in economia dell'innovazione: neoclassici ed evolutivi

In questi anni due scuole di pensiero si confrontano nell'analisi delle caratteristiche, determinanti e conseguenze dell'innovazione e del cambiamento tecnologico: i *neoclassici* e gli *evolutivi*. I capitoli seguenti ritorneranno molto più dettagliatamente su questi temi. Esistono eccellenti *survey* su questo argomento (Stoneman, 1983; Kamien, Schwartz, 1982; Sutton, 1991, 1998 da un lato e Nelson, Winter, 1982; Dosi, 1988, 1997; Nelson, 1995; Metcalfe, 1997 dall'altro); in questa sede tenteremo di richiamare, *a grandi linee, a livello introduttivo ed in modo molto semplificato ed enfaticizzato*, le similarità e le diversità tra i due approcci.

Le similarità tra neoclassici ed evolutivi

Sia i neoclassici che gli evolutivi sottolineano che:

- le *opportunità scientifiche e tecnologiche* di un'industria influiscono sul tasso di progresso tecnologico. Elevate opportunità generano un alto tasso innovativo, mentre basse condizioni di opportunità sono associate ad una ridotta innovatività delle imprese in un'industria;
- gli *incentivi economici* giocano un ruolo chiave nello stimolare l'innovazione. In particolare, l'appropriabilità dei risultati influisce grandemente sullo sforzo innovativo delle imprese. Un alto livello di appropriabilità stimola una elevata spesa in R-S in quanto l'innovatore è in grado di ottenere profitti e bloccare l'imitazione. D'altra parte, un livello troppo elevato di appropriabilità riduce lo spillover di informazioni e conoscenze tra le imprese, e quindi limita la diffusione delle stesse nell'industria;
- le *condizioni di domanda* influiscono sul tasso di innovazione. Una domanda di elevate dimensioni o in crescita incentiva le imprese a spendere maggiormente in R-S. Questi risultati sono stati verificati empiricamente per la prima volta da Jacob Schmookler (1966), uno dei pionieri dell'economia dell'innovazione;
- esiste una relazione tra *struttura di mercato* ed *innovazione*. A par-

TABELLA 1.1

Caratteristiche "stilizzate" dell'approccio neoclassico ed evolutivo nell'esame dell'innovazione tecnologica

| Neoclassici | Evolutivi |
|---|---|
| Equilibrio | Non equilibrio |
| Statica e dinamica | Processo e dinamica |
| Aggiustamento irrilevante | Transizione importante |
| Tecnologia come informazione | Tecnologia come conoscenza |
| Strategie di impresa | Competenze e varietà di impresa |
| Apprendimento come acquisizione di informazioni e learning by doing | Apprendimento come accumulazione di conoscenza, processo multi-dimensionale e problem-solving |
| Imprese a-storiche e spesso a-contestuali | Imprese storiche e contestuali |
| Razionalità sostantiva e massimizzazione | Razionalità limitata e comportamento soddisfacente |
| Intervento pubblico: fallimenti del mercato e ruolo dei brevetti e dei sussidi alla R-S | Intervento pubblico: trade-off evolutivi, ruolo delle istituzioni e dei sistemi innovativi |

tire dai contributi di Schumpeter, l'ipotesi di una relazione positiva tra una struttura oligopolistica ed un elevato tasso di progresso tecnico è condivisa da entrambi i gruppi. Inoltre entrambe le correnti, a partire da Dasgupta e Stiglitz (1980a, 1980b) e Nelson e Winter (1982), concordano che la relazione tra struttura di mercato ed innovazione è endogena: è infatti vero che una struttura di mercato più (meno) concentrata genera un tasso di progresso tecnologico più (meno) elevato, ma quest'ultimo a sua volta modifica significativamente la struttura del mercato.

Le diversità

Fin qui le similarità. Le diversità tra neoclassici ed evolutivi si possono riassumere a grandi linee nei seguenti punti (riportati nella TAB. 1.1). Essi sono individuati in modo *notevolmente enfaticizzato* per essere di guida a studenti che sono nuovi in questo campo di studi. Ovviamente ogni forte caratterizzazione porta con sé una semplificazione. I capitoli seguenti discuteranno di questi temi in modo più approfondito e dettagliato.

La TAB. 1.1 sottolinea i seguenti punti:

- i neoclassici pongono attenzione all'equilibrio del sistema econo-

mico, mentre gli evolutivi sono più interessati a situazioni del sistema economico al di fuori dell'equilibrio;

- i neoclassici pongono molta attenzione sia all'aspetto statico che a quello dinamico, mentre gli evolutivi sono molto più interessati ai processi di innovazione, generazione di varietà e selezione, ed alle dinamiche ad essi associate;

- i neoclassici sono relativamente poco interessati ai processi di aggiustamento verso l'equilibrio. Gli evolutivi d'altro canto sono molto attenti alla fase di transizione;

- i neoclassici considerano la tecnologia come informazione, particolarmente nella diffusione della tecnologia, mentre gli evolutivi considerano la tecnologia come multidimensionale e legata alla conoscenza;

- i neoclassici pongono molta enfasi sulle strategie di impresa, mentre gli evolutivi si concentrano sulle competenze e sulla varietà dei comportamenti, dell'organizzazione e delle tipologie di impresa;

- in linea con la concettualizzazione della tecnologia come informazione, i neoclassici considerano l'apprendimento come acquisizione di informazioni e come il risultato dell'esperienza (apprendimento per esperienza), mentre gli evolutivi danno più importanza all'aspetto cognitivo e di soluzione dei problemi dell'apprendimento e ne sottolineano la natura multidimensionale;

- nei modelli neoclassici le imprese non hanno storia e sono spesso svincolate dal contesto istituzionale o settoriale in cui operano. Per gli evolutivi invece le imprese sono fortemente legate ai contesti storici settoriali, tecnologici ed istituzionali in cui operano;

- le imprese neoclassiche agiscono con una razionalità sostanziale, ovvero dispongono di perfetta informazione e hanno un comportamento massimizzante, mentre le imprese evolutive hanno una razionalità limitata (alla Herbert Simon) ed un comportamento soddisfacente (cioè si pongono degli obiettivi *ex ante* che solo se soddisfatti non provocano cambiamenti nelle strategie e nei comportamenti delle imprese).

- in un'ottica neoclassica, per quanto riguarda l'attività di R-S esistono fallimenti del mercato dovuti alla presenza di beni pubblici, indivisibilità, esternalità e alla difficoltà di appropriabilità: lo stato interviene con il sistema brevettuale che rimedia alla bassa appropriabilità e con sussidi alla R-S che rimediano ad indivisibilità e incertezza. In un'ottica evolutiva, invece, esistono dei trade-off di vario tipo di cui il policy maker deve tener conto. Inoltre un ruolo chiave nel processo innovativo è giocato dalle istituzioni e dai sistemi innovativi nazionali (cfr. il CAP. 14).

Alcuni contributi italiani in economia dell'innovazione

Il pensiero economico italiano ha fornito diversi contributi rilevanti in materia di progresso tecnologico ed innovazione. In questa sede, è importante menzionare tre autori: Luigi Pasinetti, Paolo Sylos Labini e Franco Momigliano. Luigi Pasinetti (1984, 1993) ha esaminato il progresso tecnico all'interno del cambiamento strutturale delle economie. Paolo Sylos Labini ha analizzato la relazione tra progresso tecnologico e strutture di mercato oligopolistiche nel suo *Oligopolio e progresso tecnico* (1972) e la relazione tra produttività ed occupazione (1989). Infine Franco Momigliano, in *Economia industriale e teoria dell'impresa* (1975) e in numerosi altri contributi successivi, ha introdotto e sviluppato in Italia negli anni settanta e primi anni ottanta l'economia dell'innovazione tecnologica, toccando diversi temi quali le determinanti e le conseguenze dell'innovazione, l'analisi dell'attività di Ricerca e Sviluppo delle imprese e l'esame delle politiche pubbliche in Italia.

1.3**Definizioni introduttive**

Passiamo ora ad introdurre alcuni dei termini più comuni nello studio dell'economia dell'innovazione. Le definizioni ricorreranno nel corso di tutto il libro.

1.3.1. Tecnica e tecnologia nella funzione di produzione nella microeconomia neoclassica

Ciascun testo introduttivo di microeconomia introduce il cambiamento tecnologico utilizzando la funzione di produzione³. La *tecnica* è rappresentata da un punto situato su un isoquanto, mentre la *tecnologia* è rappresentata da tutto l'isoquanto. Il cambiamento tecnologico è lo spostamento della funzione di produzione nel tempo, cioè lo spostamento dell'isoquanto verso l'origine.

Se scriviamo una funzione di produzione nel seguente modo:

$$Q = f(K, L, t)$$

essa collega l'output Q all'ammontare di capitale K , lavoro L e tecnologia t .

3. Per una trattazione rigorosa e più avanzata cfr. Stoneman (1983).

Secondo questa definizione, il cambiamento tecnologico è di due tipi: *incorporato*, cioè legato all'introduzione di nuovi beni capitali K o di capitale umano più avanzato L , e *disincorporato*, cioè legato a t ed indipendente dall'investimento in nuovo capitale o lavoro (esso può dipendere dal passaggio del tempo o da una serie di sviluppi esogeni come quelli scientifici).

Il cambiamento tecnico si definisce poi *neutrale* se lo spostamento della funzione di produzione lascia immutati il rapporto tra capitale e lavoro; *labour saving* se la quota relativa del lavoro diminuisce, e *capital saving* se la quota del capitale diminuisce. Cambiamenti labour saving o capital saving possono essere determinati dal cambiamento nel prezzo relativo dei fattori di produzione (cfr. una discussione più approfondita in Stoneman, 1983; Antonelli, 1999).

1.3.2. La differenza tra scienza, tecnologia e tecnica

Esistono due diversi modi di vedere la relazione tra scienza, tecnologia e tecnica. Il primo è quello che sottolinea la diversità quanto a *contenuto* ed *output*. La scienza sviluppa conoscenza astratta e a-finalizzata, la tecnologia è la finalizzazione del sapere scientifico a fini utili ed obiettivi specifici, mentre la tecnica è la materializzazione della scienza e della tecnologia in progetti, macchine e prodotti (cfr. la discussione in Vaccà, 1989). Questa è una distinzione tradizionale, ampiamente consolidata e seguita da gran parte degli studiosi dell'economia dell'innovazione.

Esiste un'altra distinzione proposta più di recente da Dasgupta e David (1994) che sottolinea come la distinzione tra scienza e tecnologia sia legata ad una diversa *organizzazione sociale* ed a diversi *incentivi e regole del gioco*. La scienza è un bene pubblico: la comunità scientifica ha come obiettivo una completa pubblicizzazione dei risultati in modo da ottenere fama e notorietà scientifica ed è regolata da priorità nelle pubblicazioni scientifiche sulle principali riviste accademiche. La tecnologia è considerata un bene privato: nella comunità tecnologica vige non la pubblicizzazione dei risultati ma la segretezza, mentre gli obiettivi degli sviluppi tecnologici sono i profitti e le quote di mercato. La competizione è regolata da brevetti e dalle dinamiche di mercato. Questa distinzione verrà discussa ampiamente nel CAP. 5.

A livello empirico l'ISTAT nelle sue indagini fornisce una definizione più ampia, ma anche meno facilmente formalizzabile, di tecnologia. Per l'ISTAT la tecnologia è il complesso di conoscenze, capacità professionali, procedure, competenze, attrezzature e soluzioni tecni-

che necessarie per la realizzazione di un prodotto o per l'esecuzione di un processo produttivo.

1.3.3. Invenzione ed innovazione

Da Schumpeter in poi, la distinzione tra invenzione ed innovazione è legata alla realizzazione tecnica e al conseguente sfruttamento commerciale di una nuova idea. In questa prospettiva, l'invenzione è una nuova idea, un nuovo sviluppo scientifico oppure una novità tecnologica che non è stata ancora realizzata tecnicamente e materialmente. La nascita di un'invenzione è spesso casuale e non indotta da motivazioni economiche o competitive. L'innovazione, al contrario, è la realizzazione dell'invenzione in un nuovo prodotto o processo produttivo ed il suo sfruttamento commerciale. L'innovazione comprende, dunque, la progettazione (*design*), la realizzazione fisica (*manufacturing*) e la commercializzazione (*marketing*) dell'invenzione (Freeman, 1982). Non tutte le invenzioni si trasformano in innovazioni, e molte innovazioni non derivano direttamente da invenzioni.

A questo proposito va notato che il concetto di innovazione è molto ampio. Come vedremo in seguito, molte innovazioni rappresentano la ricombinazione intelligente di conoscenza esistente (cfr. il concetto di design analitico nel modello a catena discusso più avanti) oppure possono riguardare nuove forme organizzative, l'applicazione di prodotti esistenti ad un nuovo tipo di domanda, l'apertura di nuovi mercati. È, questa, un'accezione che si rifà a Schumpeter e che non limita la definizione di innovazione al solo ambito tecnologico, ma considera pure l'aspetto organizzativo, applicativo e di domanda.

1.3.4. Innovazione radicale ed innovazione incrementale

A un livello generale, le innovazioni possono essere distinte per il grado di novità rispetto alla tecnologia, all'organizzazione e alla domanda esistenti. Le innovazioni *incrementali* comportano un miglioramento di un processo, prodotto o servizio rispetto ad uno specifico design dominante, architettura di prodotto, processo produttivo o domanda esistenti. Le innovazioni *radicali* invece rappresentano una rottura con i prodotti o i processi esistenti; da queste innovazioni in alcuni casi si originano nuove industrie o segmenti di mercato. Per esempio, il transistor ha rappresentato una rottura dal punto di vista tecnologico e di prodotto con le precedenti valvole termoioniche. Lo stesso vale per il computer. Le innovazioni incrementali sono molto numerose, quelle radicali più rare. Va notato tuttavia che non esiste

una netta distinzione tra le due: esiste, infatti, un *continuum* di possibilità.

1.3.5. Innovazione di prodotto ed innovazione di processo

L'innovazione può riguardare i prodotti oppure i processi produttivi. Le industrie e i servizi manifestano una differente propensione ad innovare a livello di prodotto o di processo (cfr. il CAP. 8). Inoltre, in molti casi innovazioni di prodotto e di processo sono strettamente collegate.

1.3.6. Innovazione e diffusione

Un'ultima distinzione è quella tra innovazione e diffusione. Quest'ultima si riferisce al processo di adozione di una innovazione (un componente elettronico, un personal computer, una macchina utensile) da parte delle imprese utilizzatrici o dei consumatori. Essa quindi si riferisce alla rilevanza economica che l'innovazione acquista nel tempo nel sistema economico (per una discussione più approfondita cfr. il CAP. 10).

1.3.7. Le fonti dell'innovazione: Ricerca di Base, Ricerca Applicata e Sviluppo

La Ricerca e Sviluppo (R-S) rappresenta un'attività organizzata e formalizzata da parte delle imprese e di altre organizzazioni, finalizzata all'introduzione di innovazioni. Come vedremo ripetutamente in seguito, le imprese spendono notevoli risorse in R-S, e seguono strategie diverse (di tipo innovativo, imitativo ecc.). Esistono quindi diversi modelli di R-S e di competizione innovativa: modelli di teoria dei giochi, modelli basati sulle competenze e conoscenze delle imprese ecc. (cfr. in particolare i CAPP. 2, 4 e 6).

Empiricamente, in base alla definizione del Frascati manual dell'OECD (Organization for Economic Co-operation and Development), la Ricerca e Sviluppo (R-S) comprende «il lavoro creativo condotto su base sistematica per l'aumento del patrimonio di conoscenze scientifiche e tecniche e per l'utilizzo di questo patrimonio di conoscenze nella realizzazione di nuove applicazioni». L'attività di R-S è suddivisibile in tre fasi, non necessariamente sequenziali. La *ricerca di base*, finalizzata all'ampliamento della conoscenza scientifica, non è orientata all'ottenimento di un obiettivo preciso e definito a livello di prodotto o processo produttivo. Al contrario, la *ricerca applicata* utilizza

conoscenze scientifiche o genera nuove conoscenze tecnologiche per la creazione di nuovi prodotti e processi produttivi. Lo *sviluppo*, infine, riguarda la fase più a valle della ricerca e consiste nella effettiva realizzazione di un nuovo prodotto o processo. Per quanto le tre fasi siano solitamente in sequenza, i confini che le separano sono, a volte, indistinti. L'importanza della ricerca di base, di quella applicata e dello sviluppo varia da industria ad industria. Inoltre gli addetti coinvolti nelle varie fasi della Ricerca e Sviluppo hanno diverse preparazioni e competenze. Infine la ricerca di base, quella applicata e lo sviluppo possono essere svolti da diversi tipi di organizzazioni (grandi o piccole imprese, università, centri pubblici di ricerca).

1.3.8. Le fonti dell'innovazione: l'apprendimento per esperienza

L'apprendimento non formalizzato in R-S costituisce un'altra fonte di innovazione. Come verrà discusso più approfonditamente in diversi capitoli del libro, apprendimento e conoscenza rappresentano una delle fonti di innovazione più rilevanti nelle moderne economie. Per molto tempo la grande maggioranza degli economisti ha considerato l'apprendimento come un processo automatico e senza costi, risultato congiunto dell'attività produttiva oppure del passare del tempo, e capace di generare una riduzione dei costi medi di produzione. Nei modelli economici più conosciuti, questo tipo di apprendimento (apprendimento per esperienza, o *learning by doing*) pone la riduzione dei costi medi di produzione come funzione della quantità cumulata di output (quindi le imprese che producono di più apprendono maggiormente) oppure del tempo (quindi le imprese da più tempo presenti sul mercato con un prodotto sono quelle che hanno appreso maggiormente). Come vedremo in seguito, questa rappresentazione dell'apprendimento è molto riduttiva rispetto ad una concettualizzazione che sottolinea la varietà e multidimensionalità dei contenuti, delle traiettorie e dei meccanismi di apprendimento (apprendimento da utilizzo, da interazione), i legami tra questi e fonti di conoscenza diverse, e la stretta relazione tra apprendimento e competenze.

1.4

Alcuni concetti chiave da cui partire

Come ricordato nelle prime pagine del capitolo, questo libro da un lato discute le principali teorie economiche che analizzano caratteristiche, determinanti e conseguenze dell'innovazione tecnologica, dall'altro affronta una serie di tematiche rilevanti che riguardano l'inno-

FIGURA 1.1
Il modello lineare



vazione e il sistema economico. In questo paragrafo vengono introdotti brevemente alcuni concetti chiave che guidano tutto il percorso dell'opera.

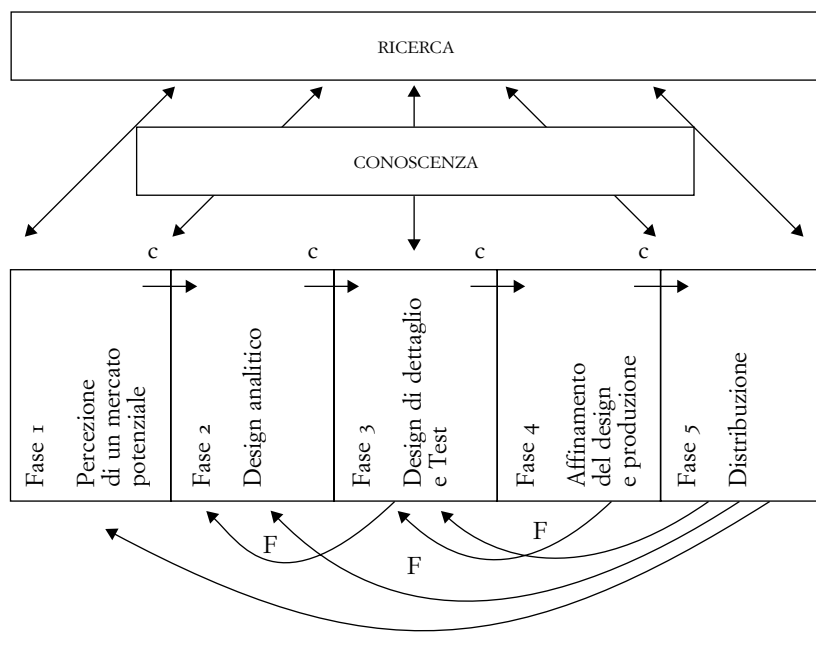
1.4.1. L'innovazione come processo: dal modello lineare al modello a catena

L'innovazione può essere molto efficacemente rappresentata come un *processo* attraverso il quale viene generato un nuovo prodotto oppure un nuovo processo produttivo. Vi sono due modelli assai diversi tra loro a questo riguardo: il modello lineare e il modello a catena.

Il *modello lineare* è utilizzato più o meno esplicitamente in numerosi modelli di innovazione tecnologica. Esso è caratterizzato da una sequenza di fasi diverse (FIG. 1.1). Il processo che conduce all'innovazione inizia con l'attività di ricerca di base, prosegue con la ricerca applicata e finisce con lo sviluppo, che introduce il nuovo artefatto. Questi tre momenti concludono la fase della ricerca vera e propria. In seguito il nuovo artefatto dovrà essere prodotto su scala più o meno grande e commercializzato. Quest'ultima è la fase di diffusione del prodotto nel sistema economico. In questa rappresentazione del processo innovativo, la sequenza è ben definita e la direzione è univoca.

Kline e Rosenberg (1986) hanno proposto un modello alternativo di processo innovativo: *il modello a catena* (FIG. 1.2). In esso, vi è una

FIGURA 1.2
Il modello a catena



sequenza “centrale” che ricalca il modello lineare tradizionale. Essa però se ne differenzia per il ruolo che la percezione e la individuazione del mercato potenziale ha nella fase iniziale del processo innovativo. Una volta individuato il mercato potenziale, inizia il processo innovativo, centrato sul *design analitico*. Il concetto di design analitico rappresenta un'altra fondamentale differenza rispetto al ruolo della ricerca applicata nel modello lineare: il design analitico consiste nell'analisi di nuove combinazioni di parti di conoscenza o di componenti esistenti. L'innovazione non rappresenta quindi una novità in termini assoluti, ma una intelligente e nuova ricombinazione dell'esistente. Il design è poi testato, modificato e commercializzato in forma di prodotto finito (flussi “c” nella FIG. 1.2). Oltre a questa catena centrale, esistono altri quattro tipi di relazioni e legami. Primo, vi sono i feedback (“F”) che forniscono utili indicazioni e informazioni dalle fasi più a valle del processo innovativo a quelle più a monte: essi operano lungo tutta la catena. Secondo, come sottolineato anche dal modello

lineare, un nuovo design analitico può nascere direttamente dagli avanzamenti della conoscenza scientifica e tecnologica (flusso tra Ricerca e fase 2). Terzo, un adeguato livello di conoscenza scientifica e tecnologica è necessario non solo per la generazione di nuovo design analitico, ma anche lungo tutta la catena innovativa (cioè per le fasi di sviluppo, test e produzione – flussi di conoscenza che collegano, nelle due direzioni, la ricerca scientifica e tecnologica e le fasi da 1 a 4). Infine, le innovazioni in termini di nuovi prodotti possono consentire esse stesse (ad esempio come nuova strumentazione scientifica) avanzamenti in diversi campi scientifici: viene ribaltata quindi la unidirezionalità del modello lineare che va dalla scienza all'innovazione (flusso dalla fase 5 alla Ricerca).

1.4.2. La relazione scienza-tecnologia/innovazione

L'ultimo punto toccato precedentemente è di grande rilevanza. Infatti, al contrario di quanto si può a prima vista pensare, non solo la scienza influisce grandemente sull'innovazione, ma le stesse innovazioni possono consentire grandi avanzamenti scientifici. Come sottolinea Rosenberg (1982b) in *Inside the Black Box*, in molti casi la tecnologia ha preceduto la scienza. Ad esempio la tecnologia Bessemer ha preceduto la scienza della metallurgia, mentre il transistor ha aperto la fisica dello stato solido. Inoltre la strumentazione scientifica (cioè degli artefatti, dei prodotti e dei processi) ha svolto un ruolo chiave nello sviluppo della scienza (Rosenberg, 1988). Per esempio, senza il microscopio Pasteur non avrebbe creato la medicina moderna, senza il telescopio Galileo non avrebbe aperto la strada alla moderna astronomia, senza la tomografia assiale computerizzata la medicina non avrebbe potuto compiere significativi avanzamenti, senza i computer la scienza in generale non sarebbe progredita così velocemente. Queste osservazioni ci inducono ad evidenziare come la relazione tra scienza ed innovazione sia bidirezionale e come sia quindi necessario tenere in considerazione anche le relazioni che vanno dalla innovazione alla scienza (a questo proposito cfr. il CAP. 5).

1.4.3. L'impresa come attore fondamentale

In questo libro l'impresa è considerata l'attore fondamentale del cambiamento economico. È l'impresa che apprende, introduce nuove tecnologie, investe in attività innovativa, coordina il processo innovativo al suo interno e all'esterno tramite accordi e relazioni di vario tipo,

ottiene risultati innovativi che danno profitti e crescita e che devono essere difesi dai competitori con adeguati strumenti di appropriabilità. Ma le imprese sono anche soggetti persistentemente eterogenei tra loro in base a diverse caratteristiche, quali competenze, organizzazione, comportamenti e performance. Inoltre, cambiano nel tempo secondo processi di apprendimento, accumulazione delle conoscenze, trasformazione e selezione. In particolare, l'impresa è oggetto di analisi nei CAPP. 6 e 7.

1.4.4. Il ruolo delle istituzioni

Inoltre, in questo libro verrà ampiamente analizzato il ruolo delle istituzioni nel processo innovativo. Per innovare le imprese hanno bisogno del sostegno di una serie di attori diversi: senza il contributo di università, istituti pubblici di ricerca, politiche pubbliche di sostegno alla R-S e alla diffusione, istituzioni finanziarie (come il *venture capital*), sarebbe assai difficile per le imprese innovare con successo. L'analisi delle caratteristiche e del ruolo delle istituzioni nel processo innovativo rappresenta quindi uno degli aspetti più interessanti e originali dell'economia dell'innovazione (e verrà approfondita nel CAP. 13).

1.4.5. Innovazione come sistema

Il ruolo delle istituzioni porta a una concezione dell'innovazione come sistema: l'innovazione è il risultato di una serie di relazioni e interazioni tra attori diversi, i quali vi contribuiscono in varia misura con diverse capacità e specializzazioni. In questo libro, l'innovazione è in ultima istanza interpretata come un fenomeno "collettivo", in quanto richiede il contributo di una eterogeneità di soggetti diversi che interagiscono tra loro (cfr. ancora il CAP. 13).

1.4.6. Innovazione e dinamica

Da ultimo, questo lavoro mantiene una prospettiva dinamica nello studio dell'innovazione. La ragione risiede nel fatto che, come accennato sopra, l'innovazione rappresenta l'elemento di movimento e di disequilibrio del sistema economico, è fonte di crescita e sviluppo, ed è alla base della dinamica industriale e dell'evoluzione strutturale dei sistemi avanzati (come vedremo in particolare nei CAPP. 8 e 9).

1.5

I principali indicatori

Quali sono i principali indicatori di innovazione? Anticipando la discussione di alcuni dei capitoli seguenti (in particolare del CAP. 15), è possibile individuare i seguenti ⁴.

1.5.1. Indicatori di input innovativo: la R-S

Le spese o gli addetti in R-S rappresentano un indicatore ampiamente usato per esaminare l'input o lo sforzo innovativo delle imprese e di altre organizzazioni. Tale indicatore coglie però soltanto l'attività innovativa formalizzata in laboratori di ricerca ed è particolarmente efficace nei settori basati sulla scienza, e meno nella meccanica, nei servizi e nel software. Inoltre non coglie pienamente l'innovazione nelle piccole imprese, che non hanno molto spesso un laboratorio di R-S. Le statistiche di R-S vengono fornite per settore o per paese, ma raramente per singola impresa. A livello italiano l'ISTAT e l'AIRI (Associazione italiana per la ricerca industriale) e, a livello internazionale, l'Unione europea e l'OECD sono le principali fonti di dati.

1.5.2. Indicatori di output innovativo: i brevetti

I brevetti forniscono all'inventore il diritto esclusivo sulla sua scoperta per un determinato periodo: essi quindi rappresentano uno strumento di protezione e un notevole incentivo ad innovare. D'altro canto i brevetti, in quanto documento pubblico, pubblicizzano e diffondono le informazioni sull'innovazione. Attraverso le citazioni di un brevetto da parte di altri brevetti è possibile avere una valutazione della sua qualità ed importanza. In modo simile, le citazioni presenti in un brevetto forniscono un'idea della sua dipendenza dagli avanzamenti scientifici.

I brevetti sono comunemente considerati un indicatore di *output innovativo*, anche se verifiche econometriche hanno mostrato una contemporaneità tra R-S e brevetti, indicando la possibilità che il brevetto possa essere richiesto assai presto nel processo innovativo. In questa accezione i brevetti possono rappresentare un indicatore di *output inventivo*, e non necessariamente di innovazione in quanto numerosi brevetti non si tramutano in successo commerciale. È però

4. Per una discussione dei vari indicatori, cfr. Sirilli (1999).

forse più appropriato interpretare il brevetto anche come segnale della *capacità tecnologica* di un'impresa in una certa tecnologia. La richiesta di un brevetto significa infatti che un'impresa è in grado di padroneggiare una tecnologia e che si sta muovendo alla frontiera. Quindi il brevetto indica una "risorsa" conoscitiva dell'impresa su un certo ambito tecnologico ed in ultima istanza può essere fatto ricadere tra gli input innovativi.

Va notato che i brevetti proteggono più o meno efficacemente le innovazioni in prodotti e processi manifatturieri, ma molto meno (o per nulla) le invenzioni nel software e nei servizi. Esistono diverse propensioni a brevettare tra tecnologie, industrie, imprese e paesi ⁵.

Le analisi di brevetto hanno il grande vantaggio che le informazioni sui brevetti (elaborate dall'International Patent Classification, IPC) sono disponibili sia per tutta la popolazione di imprese (grandi e piccole) e per gli altri tipi di organizzazione (università, centri di ricerca ecc.) che brevettano, sia per tutti i paesi e le tecnologie, e lo sono ad un elevato livello di disaggregazione. Quindi esse consentono indagini quantitative dettagliate su tecnologie, imprese e paesi (cfr. Griliches, 1990).

Le analisi di brevetto possono essere condotte in termini di "domande di brevetto" oppure di "brevetti concessi". Le domande consentono serie più aggiornate; le concessioni sono più rigorose dal punto di vista della effettiva bontà e novità del brevetto, anche se in realtà la grande maggioranza delle applicazioni si trasformano in brevetti concessi. Le fonti principali di dati brevettuali sono l'Ufficio Brevetti Europeo (EPO) e quello Americano (USPO).

1.5.3. Altri indicatori quantitativi usati nelle analisi empiriche

Altri indicatori forniscono informazioni complementari rispetto alla R-S ed ai brevetti.

Pubblicazioni e citazioni scientifiche: esse forniscono un'indicazione dell'output scientifico di un paese o di una istituzione; sono disponibili per area scientifica, paese e istituzione, ma sono di difficile raccolta, costose da ottenere e hanno un bias per le pubblicazioni in

5. Per esempio le imprese che innovano nelle tecnologie farmaceutiche brevettano notevolmente, mentre quelle attive nell'aerospaziale o nell'auto molto meno. Esistono inoltre differenze nella propensione a brevettare tra piccole e grandi imprese. Infine le imprese di alcuni paesi (come ad esempio il Giappone) tendono a brevettare più sistematicamente delle imprese di altri paesi.

inglese; sono disponibili presso centri di ricerca privati specializzati in questo tipo di analisi.

Commercio internazionale: le statistiche sul commercio internazionale dei prodotti (settori) ad alta tecnologia (quelli definiti come aventi un elevato rapporto tra R-S e fatturato) forniscono un'indicazione della competitività commerciale dei paesi nei prodotti (settori) in cui l'innovazione e la tecnologia sono un elemento rilevante della competitività.

La bilancia tecnologica dei pagamenti fornisce un'indicazione del trasferimento tecnologico da un paese ad un altro. Essa registra flussi finanziari legati a transazioni in cui sono coinvolti diritti di proprietà industriali ed assistenza tecnica, e include transazioni intangibili di natura disincorporata come l'acquisto di brevetti, licenze ed assistenza tecnica, formazione e consulenza tecnica.

Infine, vi sono dettagliati indicatori quantitativi riferiti però a singoli settori, valutazioni qualitative di esperti sulle principali innovazioni o analisi-questionario che tendono a cogliere diversi aspetti del processo innovativo. Tra queste ultime vanno ricordate l'indagine CNR-ISTAT degli anni ottanta sull'innovazione nell'industria italiana, le due CIS (Community Innovation Survey) dell'Unione europea sull'innovazione in Europa degli anni novanta e la survey di Levin, Klevorick, Nelson e Winter (1987), condotta presso la Yale University nella prima metà degli anni ottanta, sulle fonti di appropriabilità nell'industria americana. Tutte queste indagini pongono domande con risposte a punteggio sulle fonti e gli ostacoli dell'innovazione, i meccanismi di appropriabilità, i costi ed i benefici dell'innovazione ecc.

I.6

Il piano del libro

La struttura del libro riflette le tematiche ricordate sopra. Viene coperta una vasta gamma di argomenti, dai più generali e teorici a quelli più applicati ed empirici. L'opera è divisa in una parte prevalentemente teorica (CAPP. 2, 3, 4) e in una sia teorica che applicata.

I CAPP. 2, 3 e 4 presentano i fondamenti teorici all'economia dell'innovazione e paragonano l'*approccio neoclassico* e quello *evolutivo*. Il CAP. 2, di Maria Rosa Battaggion, esamina l'approccio neoclassico, in particolare le strategie di impresa in termini di R-S ed il loro impatto sulla struttura di mercato. Il CAP. 3, di Franco Malerba, introduce i più recenti sviluppi dell'approccio evolutivo, mentre il CAP. 4, di Franco Malerba e Luigi Orsenigo, presenta alcuni modelli evolutivi di

innovazione, diffusione e dinamica industriale. Questa prima parte serve da base per le successive.

Il libro passa quindi a trattare tematiche specifiche in economia dell'innovazione. Il CAP. 5, di Alfonso Gambardella e Fabio Pampoli, esamina la relazione tra *scienza, tecnologia e conoscenza*. Viene poi affrontata l'*impresa*, elemento centrale del processo innovativo. Su questo tema il CAP. 6, di Franco Malerba, analizza l'impresa innovativa e si focalizza su aspetti chiave quali l'apprendimento, la conoscenza, le competenze e l'organizzazione, mentre il CAP. 7, di Giovanni Gavetti, si sofferma sulle strategie delle imprese innovative. Il gruppo successivo di contributi esamina i *pattern settoriali* dell'attività innovativa e la *dinamica industriale*, partendo dai contributi di Schumpeter ma calandoli nelle specificità dell'ambiente tecnologico e delle caratteristiche settoriali. Il CAP. 8, di Franco Malerba e Luigi Orsenigo, esamina l'influenza dei regimi tecnologici sui pattern schumpeteriani di innovazione, il ruolo dell'appropriabilità e la tassonomia di Pavitt, mentre il CAP. 9 affronta il tema della dinamica e dell'evoluzione delle industrie, approfondendo il caso dell'industria dei computer. Viene poi analizzato un altro aspetto chiave, cioè la *diffusione* settoriale e spaziale delle innovazioni e dell'attività innovativa. Francesco Lissoni esamina la diffusione delle innovazioni discutendo dapprima, nel CAP. 10, le principali teorie di selezione ed imitazione ad esse associate e quindi, nel CAP. 11, il processo di diffusione quando esistono tecnologie concorrenti e rendimenti crescenti da adozione, che possono portare a risultati assai particolari e alla vittoria di tecnologie inferiori. Infine, il CAP. 12, di Stefano Breschi, discute la geografia delle innovazioni e degli innovatori.

Dopo gli aspetti settoriali e geografici si affrontano gli aspetti *istituzionali* legati al processo innovativo. Il CAP. 13, di Fabio Montobbio, discute il ruolo delle istituzioni ed il concetto di sistema innovativo (locale, nazionale o settoriale), mentre il CAP. 14, di Franco Malerba e Salvatore Torrisi, esamina le determinanti dell'intervento pubblico nei processi di innovazione e diffusione e le principali forme di intervento nei paesi avanzati. Seguono una serie di capitoli che affrontano la *dinamica tecnologica e competitiva mondiale* ed il "*modello Italia*". In particolare, il CAP. 15, di Salvatore Torrisi, esamina le caratteristiche della competizione tecnologica internazionale tra Europa, Stati Uniti e Giappone, mentre nel CAP. 16 Franco Malerba discute delle specificità del sistema innovativo italiano. Infine, il libro viene chiuso con due tematiche di natura "orizzontale", quali l'*occupazione* e lo *sviluppo economico*. Marco Vivarelli e Donatella Gatti analizzano la relazione tra cambiamento tecnologico e disoccupazione sia a li-

vello teorico che empirico (CAP. 17), mentre Lucia Cusmano pone in relazione l'innovazione ai modelli di crescita ed allo sviluppo economico (CAP. 18).

Bibliografia

- ANTONELLI C. (1999), *Elementi di economia dell'innovazione*, Theleme, Torino.
- BABBAGE C. (1832), *On the Economy of Machinery and Manufacturers*, London.
- DASGUPTA P., DAVID P. (1994), *Toward a New Economics of Science*, in "Research Policy", 23, pp. 487-521.
- DASGUPTA P., STIGLITZ J. (1980a), *Uncertainty, Industrial Structure and the Speed of R&D*, in "Bell Journal of Economics", 11, pp. 1-28.
- IDD. (1980b), *Industrial Structure and the Nature of Innovative Activity*, in "Economic Journal", 80, pp. 266-93.
- DOSI G. (1988), *Sources Procedures and Microeconomic Effects of Innovation*, in "Journal of Economic Literature", 26, pp. 1120-71.
- ID. (1997), *Opportunities, Incentives and the Collective Patterns of Technical Change*, in "Economic Journal", vol. 107, pp. 1530-47.
- DOSI G., FREEMAN C., NELSON R., SILVERBERG G., SOETE L. (1988), *Technical Change and Economic Theory*, Pinter Publishers, London, New York.
- FILIPPINI C., PORTA P. (eds.) (1985), *L'eredità schumpeteriana in tema di innovazione*, in *Società, sviluppo, impresa: saggi su Schumpeter*, IPSOA, Milano.
- FREEMAN C. (1982), *The Economics of Industrial Innovation*, Pinter, London.
- FREEMAN C., SOETE L. (1996), *The Economics of Industrial Innovation*, Pinter, London.
- GRILICHES Z. (1990), *Patent Statistics as Economic Indicators: a Survey*, in "Journal of Economic Literature", XXVIII, December, pp. 1661-707.
- HEERTJE A. (1973), *Economics and Technical Change*, Weidenfeld and Nicholson, London.
- KAMIEN M., SCHWARTZ N. (1982), *Market Structure and Innovation*, Cambridge University Press, Cambridge.
- KLINE R., ROSENBERG N. (1986), *An Overview of Innovation*, in R. Landau, N. Rosenberg (eds.), *The Positive Sum Strategy*, National Academy Press, Washington.
- LEVIN R., KLEVORICK A., NELSON R., WINTER S. (1987), *Appropriating the Returns from Industrial R-D*, in "Brookings Papers", 3, pp. 783-831.
- MALERBA F. (1992), *Learning and Incremental Technical Change*, in "Economic Journal", 102, pp. 845-59.
- METCALFE S. (1997), *Evolutionary Economics and Creative Destruction*, Routledge, London.
- MOMIGLIANO F. (1975), *Economia industriale e teoria dell'impresa*, il Mulino, Bologna.

- NELSON R. (1995), *Recent Evolutionary Theorizing about Economic Change*, in "Journal of Economic Literature", xxxiii, pp. 48-90.
- NELSON R., WINTER S. (1982), *An Evolutionary Theory of Economic Change*, The Belknap Press, Boston.
- PASINETTI L. (1984), *Dinamica strutturale e sviluppo economico*, UTET, Torino.
- ID. (1993), *Dinamica economica strutturale*, il Mulino, Bologna.
- RICARDO D. (1817), *Principles of Political Economy*, ed. by P. Sraffa, Cambridge University Press, Cambridge 1951.
- ROSENBERG N. (1976), *Perspectives on Technology*, Cambridge University Press, Cambridge.
- ID. (1982a), *Marx as a Student of Technology*, in Rosenberg (1982b).
- ID. (1982b), *Inside the Black Box*, Cambridge University Press, Cambridge.
- ID. (1988), *Exploring the Black Box*, Cambridge University Press, Cambridge.
- SCHMOOKLER J. (1966), *Invention and Economic Growth*, Harvard University Press, Cambridge (MA).
- SCHUMPETER J. (1928), *The Instability of Capitalism*, in "Economic Journal", September.
- ID. (1935), *The Analysis of Economic Change*, in "Review of Economic Statistics", May.
- ID. (1939), *Business Cycles: A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process*, McGraw-Hill, New York.
- ID. (1951), *Essays*, a cura di R. Clemence, Addison-Wesley, Cambridge (MA).
- ID. (1960), *Storia dell'analisi economica*, Boringhieri, Torino.
- ID. (1967), *La reazione creativa nella storia economica*, in A. Pagani, *Il nuovo imprenditore*, Angeli, Milano.
- ID. (1971), *Teoria dello sviluppo economico*, Sansoni, Firenze.
- ID. (1977a), *Capitalismo, socialismo, democrazia*, Etas Kompass, Milano.
- ID. (1977b), *Il processo capitalistico*, Boringhieri, Torino.
- ID. (1982), *L'essenza ed i principi dell'economia teorica*, a cura di G. Calzoni, Laterza, Bari.
- SIRILLI G. (1999), *La misurazione della ricerca: metodi ed indicatori*, in P. Garonna, S. Iammarino (a cura di), *Economia della ricerca*, il Mulino, Bologna.
- SMITH A. (1975), *La ricchezza delle nazioni*, UTET, Torino.
- STONEMAN P. (1983), *The Economic Analysis of Technological Change*, Oxford University Press, Oxford.
- ID. (1995), *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*, Blackwell Handbooks in Economics Blackwell, Oxford.
- SUTTON J. (1991), *Sunk Cost and Market Structure*, MIT Press, Cambridge.
- ID. (1998), *Technology and Market Structure*, MIT Press, Cambridge.
- SYLOS LABINI P. (1972), *Oligopolio e progresso tecnico*, Einaudi, Torino.
- ID. (1989), *Nuove tecnologie ed occupazione*, Laterza, Roma-Bari.

USHER A. P. (1954), *A History of Mechanical Inventions*, Harvard University Press, Cambridge (MA).

VACCÀ S. (1989), *Scienza e Tecnologia nell'Economia Industriale*, Angeli, Milano.