

3. Teoria evolutiva e innovazione industriale: risultati empirici degli anni Ottanta

di Franco Malerba e Luigi Orsenigo

1. Introduzione

Gli anni Ottanta rappresentano un periodo di notevole sviluppo dell'economia dell'innovazione tecnologica, da una situazione quale quella della fine degli anni Settanta in cui essa si trovava ai margini dell'analisi economica e rappresentava una materia povera di contributi e poco sistematizzata.

Il 1982 rappresenta per molti versi l'anno di svolta. In quell'anno vedono la luce rilevanti contributi di carattere teorico ed empirico destinati a influire in modo determinante sulla ricerca degli anni successivi. Richard Nelson e Sidney Winter pubblicano *An Evolutionary Theory of Economic Change*, e propongono una concettualizzazione generale ed una teoria evolutiva per lo studio dell'innovazione, della dinamica industriale e della crescita. Nathan Rosenberg con *Inside the Black Box* (che segue *Perspectives on Technology* del 1976) sottolinea alcune proprietà delle tecnologie, la rilevanza delle innovazioni incrementali e la stretta relazione tra innovazione e diffusione tecnologica. Christopher Freeman con *The Economics of Industrial Innovation* (che amplia la prima edizione del 1975), discute il processo innovativo e le strategie delle imprese. Morton Kamien e Anna Schwartz con *Market Structure and Innovation* sistematizzano l'approccio di teoria delle decisioni e di teoria dei giochi all'economia dell'innovazione tecnologica. Sempre nel 1982 e nel 1983, Franco Momigliano in Italia discute estensivamente le grandi tematiche della teoria dell'innovazione tecnologica. Infine, due anni più tardi, nel 1984, Frederic M. Scherer raccoglie in *Innovation and Growth* i suoi scritti in tema di innovazione tecnologica.

Il progetto di ricerca evolutivo ha come oggetto di analisi il cambiamento economico ed industriale in condizioni di incertezza, con soggetti economici che non massimizzano ed evolvono dinamicamente tramite meccanismi di apprendimento, ricerca e selezione. Esso richiede una stretta compenetrazione tra teoria ed analisi empirica. L'approccio evolutivo trae origine e pretende di fondarsi strettamente su un contenuto empirico solido e verificabile. La capacità di generare e confermare ipotesi empiriche verificabili ed alternative alle concettualizzazioni ortodosse del progresso tecnologico rappresenta quin-

di uno degli elementi di valutazione più importanti della fecondità dell'approccio evolutivo.

Dal 1982 si dipanano due filoni di ricerca, uno teorico ed uno empirico, assai interrelati tra loro.

Il filone empirico è caratterizzato da un rilevante eclettismo metodologico. L'analisi empirica è condotta tramite metodologie molto diverse che comprendono la storia economica quantitativa, casi-studio su specifiche imprese, settori o tecnologie, ed analisi econometriche. Questo eclettismo metodologico e questa varietà di ispirazione ha tentato di irrobustire, verificare e sviluppare sia dal punto di vista teorico che quello empirico, le intuizioni del programma di ricerca evolutivo.

Il presente lavoro intende concentrarsi sugli sviluppi empirici più rilevanti del filone evolutivo, dal 1982 in avanti. È ovvio che il 1982 rappresenta l'esplicitazione di un lungo processo di studio e di maturazione delle tematiche relative al progresso tecnico. Tuttavia quest'anno segna anche una profonda discontinuità. Va notato che la nostra impostazione volutamente prende in considerazione un campo più ampio degli specifici contributi evolutivi empirici. L'approccio evolutivo non è certamente un corpus concettuale omogeneo e ben definito. Elementi evolutivi possono emergere da lavori caratterizzati da scopi e metodologie molto diverse, e non espressamente evolutive. Abbiamo quindi scelto di considerare quei risultati e quei lavori che, a nostro parere, confermano o sono consistenti con le congetture e le ipotesi dell'approccio evolutivo. L'esposizione inoltre non ha pretese di completezza: essa intende delineare a grandi linee gli sviluppi principali dell'approccio evolutivo sul piano empirico.

Quindi questo lavoro farà scontenti due tipi di autori: quelli che evolutivi non sono e che sono stati inclusi nel gruppo degli evolutivi per il contenuto ed i risultati empirici ottenuti, e quelli che evolutivi sono, ma che per ragioni di spazio non sono stati inclusi nella rassegna. In questa rassegna ci siamo concentrati sull'innovazione tecnologica, ben coscienti che innovazione e diffusione (di cui non trattiamo nei suoi aspetti specifici) sono strettamente interrelati [Rosenberg 1976; 1982]. Inoltre, in quanto ci siamo concentrati sulla innovazione tecnologica e la dinamica industriale, oltre ai contributi di natura teorica [Amendola 1983; Amendola e Gaffard 1989; Arthur 1989; Jacquemin 1987; Silverberg 1988] abbiamo escluso dall'ambito della nostra indagine alcuni importanti filoni dell'analisi economica del progresso tecnologico, quali quello di aspetto più propriamente macroeconomico [Sylos Labini 1989; Fagerberg 1987; Freeman, Clark e Soete 1982; Boyer 1988] e quello basato sulle interdipendenze strutturali [Pasinetti 1981]. Va inoltre notato che questa rassegna discute aspetti complementari rispetto ai lavori di Momigliano e Dosi [1983], Anto-

nelli [1983; 1987], Di Bernardo-Rullani [1986], Dosi [1988], Sassu [1989], Silva [1985], Vaccà [1989].

L'analisi empirica riconducibile all'approccio evolutivo cerca di rispondere alle seguenti domande di fondo:

i) quali sono le determinanti del tasso e della direzione del mutamento tecnologico e della diffusione delle nuove tecnologie?

ii) quali variabili organizzano e strutturano i processi di innovazione e diffusione?

iii) in che modo il cambiamento tecnologico interagisce con le altre determinanti della dinamica industriale?

La seguente discussione degli sviluppi empirici più rilevanti degli anni ottanta verrà svolta separando tre aspetti fondamentali: impresa, apprendimento e organizzazione dell'attività innovativa (par. 2); determinanti dell'attività innovativa (par. 3) e dinamica industriale (par. 4). Nel paragrafo 2, l'impresa è considerata il punto di partenza dell'analisi empirica ed il luogo primario dove ha luogo l'innovazione. Vengono quindi analizzati i fattori che determinano le proprietà specifiche dei processi innovativi ed organizzano la dinamica dell'innovazione. In un contesto evolutivo, ciò significa analizzare le caratteristiche dei processi di apprendimento, le forme organizzative delle imprese, ed il ruolo delle variabili istituzionali. Nel paragrafo 3 l'analisi parte dalla considerazione che i processi innovativi sono organizzati da alcune variabili strutturali caratteristiche della tecnologia, che possono essere sintetizzate in particolare nella nozione di regime tecnologico (definito dalle condizioni di opportunità, appropriabilità, cumulatività e base conoscitiva). Nel paragrafo 4, viene esaminata la dinamica industriale legata all'innovazione tecnologica.

Il punto di partenza dell'approccio evolutivo a livello empirico può essere ricondotto ai seguenti fatti empirici stilizzati sulla natura della tecnologia e del cambiamento tecnologico:

a) insieme ad una componente codificata, la conoscenza tecnologica ha una componente tacita e specifica a particolari organizzazioni ed applicazioni;

b) l'attività innovativa ha luogo in condizioni di sostanziale incertezza, che rende poco plausibile l'ipotesi di razionalità globale degli agenti economici;

c) il processo innovativo è

i) altamente complesso e articolato, non riducibile semplicemente ad una decisione di investimento in spese R&S;

ii) caratterizzato da ampia varietà di procedure e forme organizzative;

d) il progresso tecnologico è

i) essenzialmente un processo di apprendimento che ha un carattere spesso cumulativo e procede lungo direzioni che non sono sem-

plicemente definite dai prezzi relativi e dai segnali di mercato ma mantiene una propria autonomia;

ii) caratterizzato da una dinamica complessa che ha luogo in condizioni di disequilibrio ed è fondata su processi di selezione non istantanei in ambienti non stazionari; in particolare, la struttura del mercato è funzione dell'attività innovativa almeno quanto la relazione inversa;

e) la storia passata è importante per definire il futuro tasso e direzione dell'attività innovativa;

f) il contesto istituzionale assume un ruolo cruciale nel determinare gli incentivi e i *patterns* dell'innovazione;

g) rilevanti differenze intersettoriali e internazionali emergono nei *patterns* e nei processi innovativi.

2. Impresa, apprendimento e organizzazione dell'attività innovativa

Ad un primo livello di analisi empirica, al centro dell'attenzione sono stati posti l'impresa rappresentata come capitale conoscitivo specifico, l'apprendimento come fattore dinamico per eccellenza, le caratteristiche dell'organizzazione dell'attività innovativa, la varietà delle imprese e delle organizzazioni, ed il ruolo delle istituzioni nell'organizzazione dell'attività innovativa dell'industria. Il punto di partenza è il rifiuto dell'ipotesi che l'attività innovativa possa essere rappresentata come una decisione globalmente razionale di allocare risorse scarse all'acquisizione di informazioni disponibili esternamente all'impresa e riguardanti una data tecnologia. Viene pure respinta l'ipotesi di una conoscenza tecnologica disponibile liberamente e senza costo alle imprese. Infine, viene rifiutata l'ipotesi che il processo innovativo sia generalmente descrivibile tramite un modello lineare, che parte dalla ricerca fondamentale per passare alla ricerca applicata, al design, alla produzione ed al marketing.

2.1. L'impresa come conoscenza specifica

L'approccio evolutivo parte da una concettualizzazione dell'impresa come di una organizzazione caratterizzata da razionalità limitata in ambienti complessi e non stazionari. Essa è caratterizzata da conoscenza specifica e da capacità tecnologiche in gran parte idiosincratiche [Nelson e Winter 1982; Winter 1987; Heiner 1988; Dosi e Egidi 1987].

A livello empirico, evidenza è stata prodotta su alcuni di questi aspetti. Innanzitutto, è stato analizzato il carattere cumulativo e specifico della conoscenza tecnologica [Pavitt 1987]. Inoltre, è stato esami-

nato il processo di formazione delle capacità tecnologiche nelle imprese [Malerba 1987]. Infine, è stato verificato che queste capacità sono limitate e circoscritte ad alcune aree relativamente ristrette [Pavitt e altri 1989].

L'attività innovativa dell'impresa è stata inoltre caratterizzata da un processo a catena circolare, in cui le varie funzioni di ricerca, design, produzione e marketing interagiscono strettamente e sono soggette all'influenza di variabili esterne, legate allo sviluppo scientifico, agli utilizzatori e produttori, ed alle imprese concorrenti [Kline e Rosenberg 1986]. È stato pure mostrato come l'acquisizione di conoscenza dall'esterno richieda capacità e strutture organizzative interne per la sua ricezione ed assorbimento [Cohen e Levinthal 1989]. Va quindi notato che il processo di imitazione non è rapido e senza costo, anche se recentemente diversi lavori sembrano dimostrare che la diffusione e la capacità di imitare ed assorbire tecnologie dall'esterno sia significativamente aumentata negli ultimi anni.

2.2. Apprendimento

Diversi studi empirici [discussi in Malerba 1988] hanno mostrato come l'attività innovativa sia caratterizzata dalla interazione di diversi processi di apprendimento provenienti da fonti conoscitive diverse, sia interne che esterne all'impresa. Esse comprendono non solo la R&S, ma anche il design, l'attività produttiva mediante processi di *learning-by-doing* e *by-using*, oltre che forme di cooperazione con altre imprese ed altre organizzazioni di ricerca. Tali attività di apprendimento sono nella maggior parte dei casi il risultato di scelte consapevoli e finalizzate da parte delle imprese e non avvengono automaticamente e senza costi.

Inoltre, le proprietà della conoscenza e dei processi di apprendimento costituiscono la base per una spiegazione della esistenza delle imprese, delle loro forme e confini organizzativi e della loro coerenza. Le imprese sarebbero infatti definite dalla conoscenza specifica che esse incorporano e la loro organizzazione sarebbe determinata dalla esigenza di coordinare processi di apprendimento sia interno all'impresa che esterno ad essa, relativi a particolari forme di conoscenza. Il coordinamento dei processi di apprendimento costituisce una delle funzioni svolte dalle imprese, assieme ad altre più spesso analizzate dalla teoria economica come l'allocazione delle risorse e la organizzazione di un appropriato sistema di incentivi e di controllo. Secondo questa accezione, la struttura organizzativa dei processi di apprendimento riflette essenzialmente un *trade-off* tra *a*) capacità esplorativa interna e acquisizione di conoscenze esterne in aree nuove (reagendo prontamente ed efficacemente ad eventi inattesi) e *b*) la capacità di

approfondire ed aumentare specializzazione ed efficienza in particolari traiettorie conoscitive già imboccate [Aoki 1986; Winter 1987; Teece 1988; Orsenigo 1989a; Dosi, Teece e Winter 1989; Pavitt 1989; Aoki e Dosi 1989].

L'apprendimento genera anche conoscenza ridondante ed inaspettata. I rendimenti dell'attività di ricerca non possono quindi essere valutati solo in riferimento al risultato specifico ottenuto, ma implicano anche la valutazione dell'incremento di capacità tecnologiche generiche che ne risulta [Cohen e Levinthal 1988]. Inoltre ciò che le imprese apprendono dipende in modo cruciale dalle loro esperienze passate, dal livello e dalla natura delle loro capacità accumulate, dalla struttura organizzativa che presiede al loro apprendimento.

La diversità dei processi di apprendimento nei vari settori produttivi è stata analizzata per il caso italiano da Malerba e Orsenigo [1988] e da Archibugi, Cesaratto e Sirilli [1988]. Essi mostrano che questi processi sono assai diversi da settore a settore a seconda della specifica base conoscitiva, e a seconda della dimensione dell'impresa.

2.3. L'organizzazione del processo innovativo

L'approccio evolutivo sottolinea che le attività innovative, derivanti dalla interazione di diverse attività di apprendimento nelle varie fasi del processo [Kline e Rosenberg 1986], possono essere svolte internamente o esternamente all'impresa.

I lavori di Mowery [1983] e di Teece [1983; 1986; 1988] forniscono evidenza empirica di carattere storico ed econometrico alla nozione che l'internalizzazione nell'impresa di determinate funzioni preposte all'apprendimento dipenda dalle caratteristiche specifiche della tecnologia e dai connessi processi di apprendimento, sviluppando così in senso evolutivo l'approccio dei costi di transazione. Secondo Mowery e Teece l'internalizzazione della R&S in laboratori specializzati è giustificata da considerazioni relative ai costi di transazione della conoscenza specifica e tacita e dalla appropriabilità dei risultati dei processi di apprendimento. Su queste stesse basi concettuali, Teece [1983] propone una spiegazione tecnologica dei processi di diversificazione e dell'esistenza dell'impresa multiprodotto. L'ipotesi di diversificazione orientata di Cainarca, Colombo e Mariotti [1987] poggia su basi concettuali simili e produce evidenza empirica di notevole interesse a questo riguardo.

Diversi sono i fattori in grado di influire sulla organizzazione del processo innovativo.

Un primo fattore è legato alla dimensione di impresa. Secondo Pavitt e altri [1987], le grandi imprese mostrano una minore propen-

sione ad internalizzare le proprie tecnologie di processo rispetto a quelle di prodotto.

In secondo luogo, la struttura delle industrie a monte, fornitrici di inputs e macchinari, e delle industrie utilizzatrici a valle, gioca spesso un ruolo rilevante [von Hippel 1988]. Inoltre, la presenza di un numero elevato di fornitori specializzati di piccole e medie dimensioni sarebbe maggiore in tecnologie ampiamente pervasive e caratterizzate da una facilità di entrata tecnologica («technological ease of entry»), in cui le capacità tecnologiche sono ampiamente diffuse e differenziate tra una molteplicità di imprese, anche di piccole dimensioni, e quindi la possibilità di appropriarsi privatamente di tutti i benefici economici delle innovazioni è minore. Vale la pena sottolineare che questa argomentazione costituisce una delle spiegazioni più importanti della diversità intersettoriale della distribuzione dimensionale delle imprese innovative.

In terzo luogo, l'interazione tra produttore ed utilizzatore, sia a monte che a valle, riveste particolare importanza nell'organizzazione e nei risultati del processo innovativo dell'impresa [Lundvall 1988]. Ampiamente studiati sono stati i cosiddetti fornitori specializzati di inputs innovativi intermedi, e specialmente subfornitori delle imprese giapponesi ed italiane. Questi produttori intrattengono rapporti relativamente stabili e di lungo periodo con i loro clienti e costituiscono una fonte essenziale di innovazioni per questi ultimi.

Infine, la complessità tecnologica induce a forme organizzative articolate, in cui l'impresa organizza la propria attività innovativa, sia mediante sviluppo interno, sia mediante acquisizioni, che tramite reti di collaborazioni esterne [Vaccà 1989]. Più in generale, questa tematica si allarga fino ad investire il problema della organizzazione e della divisione del lavoro nell'attività innovativa in un'industria e quindi la diffusione e le caratteristiche dei rapporti di collaborazione e cooperazione tra imprese [Teece 1988; Vaccà 1989; Chesnais 1988]. L'evidenza disponibile sembra mostrare che la collaborazione tra imprese deriva principalmente dalla impossibilità che ciascuna singola impresa riesca da sola a monitorare, apprendere, dominare ed innovare in tecnologie sempre più complesse ed in rapido sviluppo. In questo caso, il ricorso a fonti esterne di conoscenza, acquisizione di competenze esterne e forme di collaborazione derivano proprio dall'esistenza di limiti alle capacità tecnologiche delle singole imprese. In secondo luogo, la cooperazione sembra riguardare un ampio spettro di casi, che include imprese non in diretta concorrenza tra loro e tecnologie generiche allo stadio precompetitivo (dove le tradizionali considerazioni relative all'appropriabilità dei risultati della ricerca e alla specificità delle tecnologie di ciascuna impresa non rappresentano un ostacolo insormontabile alla stipulazione di accordi di collaborazione), fino al-

lo sviluppo congiunto di particolari tecnologie e prodotti da introdurre sul mercato da parte di imprese potenzialmente concorrenti. Va ricordato che l'analisi dell'organizzazione dell'attività innovativa in chiave evolutiva ha ricevuto rilevanti spunti da indagini empiriche non dichiaratamente evolutive, come quelle relative alla formazione e alle caratteristiche dei distretti industriali in Italia [Becattini 1987; 1989; Brusco 1982].

2.4. Varietà nelle imprese e nella organizzazione del processo innovativo

Una conseguenza della incertezza e della complessità tecnologica consiste nella presenza di varietà di imprese anche nella stessa industria, e di modi diversi di organizzare il processo innovativo tra industrie diverse.

La varietà tra imprese rappresenta una tematica già sviluppata a livello teorico da Downie [1958] e Steindl [1976] negli anni Cinquanta e Sessanta, e ripresa a livello teorico da Metcalfe [1988].

L'analisi empirica ha analizzato sia casi paese, che specifiche industrie. A livello italiano, Malerba e Orsenigo [1988] hanno verificato una ampia varietà di forme organizzative, dipendenti dalle caratteristiche dei vari processi di apprendimento, e Santarelli e Sterlacchini [1989] hanno mostrato una ampia diversità territoriale nell'attività innovativa. A livello settoriale, le analisi di Dorfman [1987] per l'industria elettronica americana, Malerba e Torrisi [1989] per l'informatica, e Gambardella [1989] per l'aeronautica, chimica e microelettronica, evidenziano sia rilevanti diversità intraindustriali tra imprese che diversità intersettoriali nell'organizzazione del processo innovativo.

2.5. Il ruolo delle istituzioni e dei sistemi nazionali nell'organizzazione del processo innovativo

Nell'organizzazione del processo innovativo un ruolo rilevante è giocato dalle istituzioni: lo stato, le agenzie pubbliche, le università, i centri di ricerca pubblici e privati. Va ricordato che in una accezione più ampia le istituzioni comprendono anche l'insieme di norme, convenzioni, ecc., che vincolano il comportamento in condizioni di incertezza ed informazione incompleta e quindi implicitamente concorrono a definire le regolarità di comportamento individuale e collettivo in ambienti non stazionari.

La maggior parte dei contributi in questa direzione ha riguardato lo studio delle caratteristiche e delle forme organizzative di singoli sistemi nazionali dell'innovazione che influiscono sul processo innovativo. I casi più noti e studiati sono ovviamente quello americano e

giapponese. Il caso svedese e più in generale scandinavo sta attraendo un interesse crescente [Freeman e Lundvall 1988]. Il caso italiano infine è stato recentemente analizzato da diverse ricerche [Momi-gliano 1985; 1986; Onida e Malaman 1989; Malerba 1989]. Diversi contributi confrontano due sistemi innovativi nazionali. Nelson [1986; 1988] e Freeman [1987; 1988] forniscono una discussione del caso americano e giapponese in questa ottica. Patel e Pavitt [1989] paragonano la Repubblica Federale Tedesca e il Regno Unito. Pavitt e Hanson [1987] discutono il caso sovietico comparato ai sistemi occidentali.

L'analisi della organizzazione dell'attività innovativa nell'impresa americana e giapponese rappresenta una ulteriore importante articolazione di questa linea di ricerca. Essa consente di spostare l'attenzione non solo sulle variabili strutturali di impresa e sulla performance innovativa, ma più direttamente sulle proprietà dei processi di apprendimento e sugli aspetti più direttamente istituzionali alla base della evoluzione delle forme organizzative delle imprese. In particolare, i lavori di Imai [1988], Imai e Baba [1989], Aoki [1986; 1988], Aoki e Rosenberg [1987] evidenziano come la possibilità e la convenienza riguardante il decentramento o l'internalizzazione di talune fasi del processo innovativo dipendano tra l'altro dal livello e dalla natura (generica o specifica) delle competenze possedute dai membri dell'impresa – nel caso in cui i processi di apprendimento siano fortemente integrati tra loro, avvengano in ambienti non stazionari e siano caratterizzati da qualche forma di rendimenti crescenti che portano alla specializzazione –.

Ad un altro livello di analisi studi comparati di specifiche industrie mostrano con chiarezza il ruolo rilevante giocato dalla struttura istituzionale. Il caso dei semiconduttori [Dosi 1984; Malerba 1985] e quello della biotecnologia rappresentano gli esempi più evidenti. In particolare in quest'ultimo caso, il ruolo del sistema nazionale di ricerca, delle università e dei centri di ricerca pubblici, oltre che delle politiche pubbliche e della struttura dei sistemi finanziari nel determinare i *patterns* di sviluppo di una tecnologia emergente appare con molta chiarezza [Kenney 1986; Orsenigo 1989; Faulkner e Orsenigo 1989].

Infine, il confronto internazionale di diversi sistemi scientifici ed educativi ha fornito una ulteriore dimostrazione del ruolo rilevante svolto dalle variabili istituzionali. Il ruolo del sistema scientifico ha attratto in questi anni la maggiore attenzione, soprattutto con riferimento alla sua capacità di generare opportunità tecnologiche e di trasferire capacità e competenze all'industria [Onida e Malerba 1988]. Oltre a studi di carattere descrittivo e comparativo, l'utilizzo sistematico di analisi statistiche e bibliometriche su dati di brevetti, citazioni

di brevetti e di pubblicazioni scientifiche ha consentito di fornire evidenza empirica sulla intensità e sulla evoluzione dei rapporti tra scienza e tecnologia in diverse tecnologie e paesi [Narin 1982; 1985; Grupp 1989]. Più recentemente, Nelson [1989] ha sottolineato il ruolo fondamentale svolto dal sistema educativo nel formare competenze a livello individuale e di sistema economico nel suo insieme.

Paradossalmente, minore attenzione è stata invece dedicata in questi anni alle politiche pubbliche di sostegno alla innovazione ed alla diffusione della tecnologia. Dopo l'analisi comparata di Nelson [1984], il problema è stato affrontato in una ottica più teorica con riferimento al problema delle decisioni riguardanti tecnologie a rendimenti crescenti ed alla formazione di standard [Cowan 1989; David 1987; 1988; Arthur 1989].

D'altro canto, solo recentemente il ruolo del sistema finanziario ha iniziato ad attirare l'interesse degli studiosi, anche se in questo campo i contributi sono ancora molto frammentari, e di natura soprattutto teorica. L'analisi degli effetti delle diverse strutture del sistema finanziario sul progresso tecnologico e l'effetto delle variabili finanziarie sulla velocità ed intensità della diffusione delle nuove tecnologie sono temi tuttora scarsamente analizzati. Recenti lavori [Amendola e Gaffard 1989; Dosi 1988; Dosi e Orsenigo 1988; Aoki 1988; Aoki e Dosi 1989] possono fornire utili punti di partenza.

Si può sottolineare che da un punto di vista strettamente evolutivo, l'analisi comparata dei sistemi istituzionali ha iniziato ad elaborare solo recentemente, a partire da Nelson [1984], categorie analitiche autonome, che fanno riferimento alla capacità di sperimentare i nuovi contesti tecnologici contrapposta alla capacità di accumulare competenze in aree ristrette della conoscenza, oppure alla influenza di norme e convenzioni sui comportamenti individuali. Tentativi in questa direzione si riscontrano nei lavori di Ergas [1986] riguardante i paesi *mission-oriented* e *diffusion-oriented*, e di Imai e Itami [1984] sulla compenetrazione di mercato e gerarchie.

3. Determinanti strutturali dell'attività innovativa

Nelle loro opere dei primi anni Ottanta, Nelson e Winter, Rosenberg, Freeman, Scherer e (in Italia) Momigliano, avevano evidenziato nelle condizioni di opportunità tecnologica una delle principali determinanti della intensità dell'attività innovativa in un'industria. In aggiunta, Nelson e Winter avevano sottolineato la rilevanza delle condizioni di appropriabilità e di cumulatività, ed avevano introdotto il concetto di regime tecnologico, che guida le attività di ricerca e di innovazione in una data industria. Di seguito, vengono esaminati i più recenti sviluppi in queste direzioni.

3.1. Le caratteristiche specifiche di ciascuna tecnologia

Le caratteristiche specifiche di una tecnologia sono variabili importanti nel definire gli incentivi economici e i patterns dell'innovazione. Dal 1982 la ricerca empirica ha rifiutato semplificazioni drastiche come l'alternativa tra innovazioni derivanti da «demand-pull» o «technology-push» o le ipotesi schumpeteriane nelle loro versioni più estreme. Essa riconosce piuttosto che le tecnologie hanno proprietà diverse da quanto ipotizzato nei modelli convenzionali, in quanto esse differiscono sostanzialmente tra loro, ed hanno una velocità di cambiamento solo in parte determinata dalla struttura del mercato.

La specificazione delle caratteristiche di una tecnologia diventa quindi un elemento talvolta cruciale per la comprensione dei patterns del progresso tecnologico. A questo riguardo, la ricerca su questo tema ha cercato di sviluppare metodi e concetti per caratterizzare e distinguere tecnologie diverse tra loro. Un tentativo di sistematizzazione di questo filone di ricerca è compiuto da Saviotti [1988] e Saviotti e Metcalfe [1984] che propongono e verificano per alcune tecnologie un approccio basato sulle loro «caratteristiche tecno-economiche».

3.2. La dinamica tecnologica

Ad un livello dinamico sono state introdotte le nozioni di paradigma e traiettoria tecnologica [Dosi 1982; 1984], che guidano e dirigono il cambiamento tecnologico. Tale nozione è stata applicata dapprima al settore della microelettronica e poi ad una serie di altri settori. A questo filone di analisi va unita quella legata ai «technological guideposts» [Sahal 1981], che indirizzano il mutamento tecnologico (esaminati per i computers e l'industria dei trattori) e quella legata ai «focussing devices» [Rosenberg 1976], che focalizzano l'attenzione di tecnici ed ingegneri sulla risoluzione di particolari problemi (esaminati per l'industria meccanica e della meccanica strumentale).

Questo filone di analisi empirica tende a mostrare che in numerosi settori la dinamica tecnologica e innovativa ha regole proprie non riconducibili semplicemente a segnali di mercato, ma che dipendono dalla natura specifica della base conoscitiva di un'industria e dai processi di apprendimento che la caratterizzano.

3.3. I regimi tecnologici

Un terzo e complementare filone di ricerca empirica prende le mosse direttamente dai suggerimenti di Nelson e Winter e sviluppa la nozione di «regime tecnologico». Esso evidenzia che gli incentivi all'attività innovativa dipendono prima di tutto dalle condizioni di opportunità e di appropriabilità, e che queste ultime differiscono sostan-

zialmente tra tecnologie e settori, definendo appunto diversi «regimi tecnologici» [Nelson e Winter 1982; Winter 1984].

Le condizioni di opportunità. Le condizioni di opportunità definiscono la facilità con cui gli agenti economici possono innovare, cioè individuano il pool di potenzialità non sfruttate insito in ciascuna tecnologia. L'esistenza di opportunità di innovazione non sfruttate costituisce una ipotesi teorica fondamentale dell'approccio evolutivo, in quanto definisce un mondo non caratterizzato funzionalmente da scarsità [Dosi 1988; Dosi e Orsenigo 1988].

In questi anni la ricerca empirica ha prodotto ulteriore evidenza sul fatto che le fonti del progresso tecnologico sono altamente diversificate e differenziate. La scienza rimane una sorgente fondamentale di opportunità tecnologiche. Ciononostante l'innovazione trae origine anche da altre fonti interne o esterne alle singole imprese; a monte o a valle dell'industria in esame; spesso non formalizzate o non formalizzabili. I primi risultati di Levin e altri [1987] sistematizzano, per il caso americano, una enorme quantità di evidenza empirica ottenuta tramite casi studio. Torneremo nella sezione successiva su questi problemi.

Le condizioni di appropriabilità. Le condizioni di appropriabilità definiscono la capacità degli innovatori di appropriarsi privatamente dei risultati e dei profitti derivanti dall'innovazione. La caratteristica di bene solo parzialmente pubblico della tecnologia è uno degli aspetti più a lungo studiati della teoria dell'innovazione: lo sviluppo della «economia del sistema brevettuale» [Silberston e Taylor 1973] ne è l'esempio più evidente. A questo riguardo l'approccio evolutivo afferma innanzitutto che la tecnologia ha una componente privata oltre che pubblica, derivante dalla componente tacita ed idiosincratICA della conoscenza. In secondo luogo ha chiaramente mostrato che le condizioni ed i mezzi di appropriabilità variano significativamente tra settori e tecnologie [Levin e altri 1987], per l'industria americana e, con risultati analoghi e sorprendentemente consistenti con quelli americani, Malerba e Orsenigo [1988] e Archibugi, Cesaratto e Sirilli [1988] per l'Italia.

In particolare, da queste ricerche emerge che il brevetto è uno strumento di appropriabilità efficace solo in pochi settori, e che altri mezzi come i tempi di vantaggio, la segretezza, lo sfruttamento delle curve di apprendimento, la disponibilità di capacità di distribuzione e di marketing, e, più in generale, di «co-specialized assets» [Teece 1986], assumono (da soli o congiuntamente) una rilevanza fondamentale per garantire la appropriazione privata dei benefici dell'innovazione. Inoltre viene evidenziato come le condizioni di appropriabilità per i processi produttivi sia differente da quella per i prodotti.

L'analisi empirica ha inoltre analizzato a livello di industria la re-

lazione tra opportunità ed appropriabilità da un lato, e tasso di innovazione tecnologica dall'altro (relazione esaminata a livello teorico e con simulazioni da Nelson e Winter [1982]). Essa ha significativamente dimostrato la rilevanza delle condizioni di opportunità ed appropriabilità nel determinare differenze intersettoriali nei tassi di innovazione. Già l'introduzione di specificazioni molto rudimentali di queste variabili in analisi econometriche migliora sistematicamente la bontà delle relazioni stimate tra struttura di mercato e performance innovativa [Scherer 1984; Levin, Cohen e Mowery 1985; Momigliano 1985; Pavitt, Robson e Townsend 1987]. Numerosi casi studio ottengono risultati analoghi (tra cui Dosi [1984] e Malerba [1985] nel caso di semiconduttori; Sharp [1985] e Orsenigo [1989] nel caso della biotecnologia; Altschuler e altri [1984] nel caso dell'industria automobilistica; e le simulazioni di Grabowski e Vernon [1984] per l'industria farmaceutica).

Le condizioni di cumulatività. Sviluppando i concetti di innovazione incrementale di Rosenberg [1976; 1982] e di regime basato sulla scienza e regime cumulativo di Nelson e Winter [1982], l'analisi si è andata arricchendo con l'inclusione del concetto di cumulatività. La cumulatività del progresso tecnologico è stata sottolineata soprattutto da Pavitt [1987]. Essa trae origine da diversi fattori. In primo luogo, essa deriva dalla natura intrinsecamente cumulativa dei processi cognitivi; in secondo luogo, a livello di impresa, essa è influenzata dalla organizzazione dei processi di apprendimento (tipicamente dalla R&S); infine, sempre a livello di impresa, essa è influenzata dall'ammontare di risorse devolute alla ricerca e per questa via dalla dinamica industriale. Ad esempio, se la performance innovativa dipende dall'ammontare di spese in R&S, e queste ultime dipendono dai profitti ottenuti in passato, la performance innovativa assume un carattere cumulativo per l'operare di meccanismi di mercato. Il grado di cumulatività dell'attività innovativa analizzato a livello di impresa può essere definito dalla probabilità che chi ha innovato al tempo t innovi anche al tempo $t+1$. Esiste infine una cumulatività a livello di settore. Secondo quest'ultima accezione, cumulatività significa che le nuove innovazioni dipendono strettamente da quelle precedenti, e che il progresso tecnologico procede in modo incrementale e continuativo sulla base della conoscenza disponibile, la quale non è necessariamente totalmente appropriabile da una singola impresa, ma può diffondersi nel settore e fornire un input conoscitivo per l'innovazione delle altre imprese¹.

¹ È quindi possibile osservare un elevato grado di cumulatività al livello del settore anche in presenza di un basso grado di cumulatività a livello di impresa e viceversa. Per una discussione si vedano Malerba e Orsenigo [1988] e Orsenigo [1989a].

La base conoscitiva. Una ulteriore variabile che caratterizza un regime tecnologico è la base conoscitiva. In particolare, Winter [1984] esamina il ruolo che la natura della base conoscitiva (universale e formalizzata verso tacita e specifica) ha nel determinare se gli innovatori siano prevalentemente nuove imprese o imprese già esistenti. Pavitt, Robson e Townsend [1987] ipotizzano e verificano per il caso inglese una relazione tra natura della base conoscitiva e condizioni di appropriabilità da un lato, e distribuzione dimensionale delle imprese innovatrici dall'altro. Cohen e Malerba [1989] utilizzano la multidisciplinarietà scientifica e le fonti diverse della conoscenza tecnologica come misura della base conoscitiva di un settore, e verificano una relazione positiva tra diversità nella base conoscitiva e tasso innovativo in un'industria. La base conoscitiva è riflessa dalla varietà delle conoscenze scientifiche e tecnologiche alla base del progresso tecnico, e dai gradi di libertà che ciascuna impresa ha nello scegliere ed utilizzare diverse strategie, procedure e forme organizzative della ricerca. In alcuni settori, le imprese sono costrette ad esplorare lo stesso insieme di aree tecnologiche e cognitive, e ad utilizzare le stesse procedure di ricerca. In altri settori, invece, le imprese possono perseguire strategie e comportamenti alquanto differenziati. Utilizzando i concetti di opportunità, appropriabilità, cumulatività e base conoscitiva, Malerba e Orsenigo [1988] e Orsenigo [1989] propongono una sistematizzazione preliminare della nozione di regime tecnologico e delle relazioni che intercorrono tra regimi e *patterns* dell'attività innovativa. Le condizioni di opportunità e di appropriabilità, e le caratteristiche di cumulatività e della base conoscitiva sono quindi poste in relazione con il grado di concentrazione dell'attività innovativa, la stabilità nel tempo della gerarchia dei maggiori innovatori, il tasso di natalità tecnologica, la distribuzione dimensionale delle imprese innovatrici. Queste relazioni sono poi verificate per il caso dell'industria italiana utilizzando dati di brevetto². L'evidenza empirica accumulata appare sufficientemente robusta per confermare l'ipotesi che la specificazione delle proprietà dei regimi tecnologici sia un elemento cruciale per la definizione dei *patterns* dell'attività innovativa.

Va notato che, coerentemente con la filosofia di fondo dell'approccio evolutivo, nelle analisi empiriche citate precedentemente viene sottolineato come ciascun regime sia il risultato della interazione nel tempo di componenti tecnologiche, economiche ed istituzionali e che quindi le caratteristiche di ciascun regime siano parzialmente endogene alla evoluzione della tecnologia nel tempo e nello spazio. Co-

² La verifica è condotta a livello di settori industriali, piuttosto che di classi tecnologiche. In altri termini, la nozione di regime è riferita in questo contesto al settore, dove tipicamente la base conoscitiva è composta da diverse tecnologie.

me sottolineava già Rosenberg nel 1982, le opportunità tecnologiche sono in parte generate e riprodotte dalle innovazioni stesse, essendo anche funzione delle decisioni economiche degli agenti di investire in R&S o, più in generale, in attività innovative. Analogamente, l'appropriabilità e la cumulatività hanno una dimensione economica nella misura in cui riflettono decisioni e processi economici. Va infine ricordato che le condizioni di opportunità, appropriabilità e cumulatività dipendono pure dal contesto istituzionale.

4. Dinamica del progresso tecnico ed evoluzione industriale

Biunivocità della relazione tra innovazione e struttura di mercato. I modelli originari di Nelson e Winter fornivano un'analisi generale dei processi di innovazione e di dinamica industriale, sulla base di alcune ipotesi semplificate sulla natura dei comportamenti delle imprese, sulle caratteristiche dei processi di selezione che regolano la crescita o il declino delle imprese e sulla natura dell'ambiente tecnologico. Queste ipotesi consentivano di generare tra l'altro alcune proposizioni sulla relazione tra intensità dell'innovazione da un lato e evoluzione della struttura industriale dall'altro, corrispondenti all'evidenza empirica disponibile soprattutto da casi studio. Ad esempio, tramite simulazioni Nelson e Winter nel 1982 ottenevano una relazione positiva tra velocità del progresso tecnologico e concentrazione industriale, come aveva mostrato empiricamente anni prima Allmarin Phillips nel caso dell'industria aeronautica [Phillips 1971]. Inoltre Nelson e Winter ponevano in notevole evidenza la biunivocità della relazione tra innovazione e struttura di mercato.

Negli anni successivi, ulteriore evidenza empirica ha consentito di approfondire ed irrobustire la descrizione e l'interpretazione originaria del modello di Nelson e Winter. Cohen e Levin [1989] discutono dettagliatamente le verifiche empiriche della relazione biunivoca tra innovazione e struttura di mercato. A questo riguardo, già Levin [1981] aveva proposto e stimato un modello di questo genere, in cui il grado di concentrazione industriale influisce sull'intensità di ricerca e sviluppo dello stesso periodo, mentre la ricerca e sviluppo influisce sul grado di concentrazione del periodo seguente. Levin e Reiss [1989] in un modello più completo propongono e stimano una relazione simultanea tra grado di concentrazione e intensità di ricerca.

Diversità tra imprese nelle dinamiche industriali. I modelli teorici originari di Nelson e Winter distinguevano tra imprese innovatrici ed imprese imitatrici, e classificavano le imprese in termini di differenziali di produttività. Le diversità tra imprese nella dinamica industriale è stata in seguito analizzata a livello teorico per quanto riguarda la natura e gli effetti delle asimmetrie tecnologiche tra le imprese [Dosi

1984; Dosi e Orsenigo 1988]; la relazione tra varietà, differenze nei comportamenti e performance di impresa nel lungo periodo [Eliasson 1986]; la relazione tra varianza nella distribuzione delle capacità tecnologiche e velocità del progresso tecnologico in un modello molto semplice di selezione [Metcalf e Gibbons 1986; Metcalfe 1988], e la relazione tra varietà nelle aspettative delle imprese sulla profittabilità della nuova tecnologia, decollo di una nuova tecnologia e velocità della sua diffusione in un'industria [Silverberg, Dosi e Orsenigo 1988].

A livello empirico, la relazione tra varietà e dinamica evolutiva ha trovato conferme a diversi livelli. In primo luogo, dai casi studio riguardanti diverse industrie citati nelle pagine precedenti emerge la presenza di una notevole diversità tra imprese anche nello stesso settore. Inoltre Cohen e Malerba [1989] mostrano come il tasso di progresso tecnologico sia significativamente più elevato nei settori dove le imprese perseguono una maggiore varietà di strategie innovative; Malerba e Orsenigo [1988] mostrano come il grado di varietà nelle fonti e nelle procedure dell'innovazione sia più elevato in settori caratterizzati da maggiore instabilità della gerarchia delle imprese innovative e da maggiori tassi di natalità tecnologica; Cainarca, Colombo e Mariotti [1989] presentano evidenza empirica su un modello evolutivo di diffusione tecnologica riferito alla automazione flessibile e sottolineano il ruolo della diversità tra imprese (in termini di dimensione) e delle procedure nel processo di adozione.

Selezione. Per quanto riguarda il processo di selezione, il modello di Nelson e Winter utilizzava un semplice modello legato alla profittabilità. Dai primi anni Ottanta in avanti, lo sforzo teorico, soprattutto mediante modelli di simulazione, ha cercato di individuare le proprietà dinamiche generali dei modelli evolutivi e dei processi di selezione [Iwai 1984; Winter 1984; Soete e Turner 1984; Silverberg 1987; Silverberg, Dosi e Orsenigo 1988; Metcalfe & Gibbons 1986; Eliasson 1986; 1988].

Alcuni studi empirici hanno tentato di verificare direttamente le caratteristiche dei processi di selezione e i loro effetti sulla struttura dell'industria e delle attività innovative. Tra i lavori empirici possono essere menzionate le simulazioni di Grabowski e Vernon [1984] relative all'industria farmaceutica americana. Alcuni autori, impiegando tecniche econometriche, hanno tentato di analizzare la velocità dei processi di selezione: Geroski e Jacquemin [1988] hanno verificato tramite un modello evolutivo la persistenza di profitti nelle grandi imprese europee; Geroski e Masson [1987] e Levy [1987] hanno stimato la velocità di selezione nell'industria americana. In generale, questi lavori utilizzano specificazioni estremamente semplificate e ad hoc dei meccanismi di selezione. I risultati mostrano tuttavia consistentemente che la velocità dei processi selettivi non è molto elevata, che essa va-

ria significativamente tra settori e paesi, e che i fattori istituzionali giocano un ruolo decisivo nel determinare le proprietà dei processi selettivi.

Path-dependency. Un altro fatto stilizzato si riferisce più direttamente alle proprietà dinamiche dei processi evolutivi. Brian Arthur [1989] ha fornito un modello teorico semplice ma molto generale per l'analisi di questi processi, in cui piccole fluttuazioni generano progressivamente fenomeni di «lock-in» in particolari tecnologie, traiettorie o standard. Questo tipo di modelli è stato in effetti utilizzato per spiegare l'emergenza, la competizione e la formazione di particolari standard [David 1986; 1988]. Questi risultati possono essere in linea di principio generalizzati a tutti quei processi che implicano non-linearità, tra le quali soprattutto forme di apprendimento cumulativo.

A livello empirico, in diversi casi studio o analisi storiche (il più noto dei quali è il lavoro di David [1985] sulla evoluzione delle tastiere per macchine da scrivere), è stato evidenziato come la evoluzione delle tecnologie e delle industrie sia generalmente caratterizzata da «path-dependency» e «behaviour-dependency», nel senso che l'evoluzione dipende dalle condizioni iniziali e dai comportamenti effettivamente seguiti dagli agenti nel corso del tempo, a causa della presenza di qualche forma di rendimenti crescenti e più in generale di non-linearità.

Auto-organizzazione. Proseguendo lungo queste direzioni di ricerca, un altro filone di ricerca ha sottolineato e studiato a livello teorico le proprietà di auto-organizzazione di sistemi evolutivi non lineari [Silverberg 1987; Silverberg, Dosi e Orsenigo 1988; Allen 1988], la capacità cioè di generare mutamenti strutturali e percorsi dinamici alquanto complessi ma ordinati, in presenza di condizioni di disequilibrio e di non-linearità, come risultato della dinamica congiunta di processi di selezione e di apprendimento. Silverberg [1988] fornisce una survey delle metodologie e dei risultati principali ottenuti da questo filone di ricerca.

Per lo scopo di questo lavoro basta sottolineare che questi contributi, nel loro insieme, confermano l'ipotesi che l'evoluzione delle tecnologie e delle strutture industriali non possa essere analizzata senza una analisi storica accurata, una specificazione dettagliata degli ambienti istituzionali ed un esame dei comportamenti effettivi degli agenti rilevanti, e che le variabili che definiscono i regimi tecnologici si configurano effettivamente come variabili di biforcazione in modelli dinamici non-lineari della competizione tecnologica.

Diversità tra settori. Le forme e le procedure del progresso tecnologico e delle dinamiche industriali variano notevolmente tra settori.

Il primo tentativo di classificare a livello settoriale i *patterns* dell'innovazione e le caratteristiche delle imprese e della struttura indu-

striale è costituito dalla tassonomia di Pavitt [Pavitt 1984]. Pavitt identifica quattro³ tipi di settori in base alle fonti e alle procedure del processo innovativo, alle strategie innovative delle imprese, alla struttura industriale corrispondente in termini di concentrazione, distribuzione dimensionale, grado e direzioni della integrazione verticale e della diversificazione, facendo esplicitamente riferimento ai processi di selezione ed apprendimento da un lato e alle condizioni di opportunità ed appropriabilità dall'altro, come determinanti dei *patterns* settoriali del progresso tecnologico⁴.

A livello di paese e utilizzando dati di R&S e di brevetto, Malerba e Orsenigo [1988] effettuano un primo tentativo di interpretare in senso evolutivo la dinamica delle capacità tecnologiche dell'industria italiana a livello di impresa e di settore.

5. Conclusioni

La discussione precedente ha tentato di evidenziare i risultati ed i progressi ottenuti dall'approccio evolutivo a livello empirico negli anni Ottanta.

L'approccio evolutivo ha indubbiamente mostrato una notevole fertilità nello studio del progresso tecnologico. La crescita dei contributi di ricerca è stata indubbiamente molto rapida e sicuramente notevole per un periodo di tempo così contenuto. Tale crescita si è manifestata in un irrobustimento del nocciolo concettuale dell'approccio evolutivo, ma soprattutto in una genesi di nuova evidenza empirica e nuove ipotesi teoriche sulle determinanti e sulle procedure del mutamento tecnologico e della dinamica industriale, ed in una notevole intuizione nell'individuare concetti e temi di ricerca che sono oggi alla frontiera anche in altri approcci e metodologie di analisi. Ciò è dovuto anche, come ricordato nell'introduzione, all'eclettismo ed all'apertura per quanto riguarda campi e metodologie d'indagine che caratterizzano l'approccio evolutivo.

La ricerca empirica in questi anni ha in primo luogo fornito ampie conferme di alcune ipotesi riguardanti le variabili che influenzano il progresso tecnologico e la endogeneità della struttura industriale. Lo sviluppo del concetto di regime tecnologico rappresenta da questo punto di vista un progresso significativo nell'analisi. Analogamente,

³ Nelle ultime versioni, Pavitt ha eliminato il gruppo dei settori «supplier dominated» ed ha introdotto la categoria dei settori «information intensive».

⁴ Alcuni autori, hanno poi cercato di individuare i flussi interindustriali di tecnologia tra i diversi settori, non seguendo però un approccio necessariamente evolutivo. Tentativi a questo proposito sono stati effettuati da Scherer [1982] per gli Stati Uniti, Pavitt [1984] per il Regno Unito e Archibugi per l'Italia [1987].

conferme alle ipotesi di partenza sono venute sul terreno dello studio delle caratteristiche dei processi di apprendimento e della organizzazione dell'attività innovativa. In questo campo, la ricerca ha anche sostanzialmente ampliato la prospettiva di partenza, aprendo nuove direzioni di ricerca per quanto riguarda una più soddisfacente rappresentazione dell'apprendimento e una diversa teoria dell'impresa. Questi sviluppi hanno permesso di arricchire la concettualizzazione originaria di Nelson e Winter incorporando nell'analisi della evoluzione industriale non solo i meccanismi di selezione di mercato ma anche quelli riguardanti i confini e la organizzazione dell'impresa. Significativi sviluppi ha avuto anche lo studio del ruolo delle istituzioni, anche se su questo terreno mancano ancora sintesi soddisfacenti. Meno sistematico invece è stato lo studio della dinamica evolutiva. È evidente che in quest'ultimo campo di indagine deve esistere una stretta connessione tra ricerca teorica, metodologie di analisi applicata e verifiche empiriche.

In conclusione, nonostante la crescita dei contributi negli anni Ottanta è possibile individuare tre aree, oltre a quelle già menzionate, ancora parzialmente sottosviluppate, in cui l'analisi empirica, di pari passo con l'analisi teorica, potrebbe concentrarsi nel prossimo futuro.

La prima area riguarda il ruolo della domanda nella generazione e diffusione delle nuove tecnologie e nella dinamica industriale, sia per quanto riguarda le dinamiche dei processi di apprendimento dei consumatori, sia per quanto riguarda l'interazione produttore-utilizzatore, che infine le diverse caratteristiche della domanda finale ed intermedia. A questo riguardo, utili ispirazioni e suggerimenti possono scaturire da lavori quali Pasinetti [1981], Malerba [1985], Cozzi e Vaccà [1986] e von Hippel [1988].

La seconda area riguarda un'analisi dettagliata ed articolata della dinamica di vita di tecnologie ed industrie, collegandosi con altri approcci teorici per certi aspetti vicini ai modelli evolutivi, come i modelli «marshalliani» e i modelli à la Ijiri e Simon [1977]. Qui come ricordato precedentemente, diverse analisi sono state effettuate, ma manca ancora una sistematizzazione concettuale ed una robusta evidenza empirica. Di nuovo l'evidenza empirica fornita da Gort e Klepper [1982] a livello americano, e, per il caso italiano, le analisi di Barca [1985] sulla integrazione e disintegrazione del sistema industriale, di Contini e Revelli [1986] sulla natalità e mortalità delle imprese possono fornire interessanti e stimolanti spunti per l'analisi.

Infine, una terza area di indagine riguarda il legame tra globalizzazione della competizione tecnologica e dei mercati, e specifiche dinamiche industriali a livello di paese. A questo riguardo, considerazioni teoriche di carattere generale sono state avanzate da Rosenberg [1982], Momigliano e Dosi [1983], Vaccà [1989], Mowery [1988],

Dosi e Soete [1988], Onida, Malerba e Maggi [1988], ma molto cammino resta ancora da compiere a livello teorico. A livello empirico, l'analisi di Cantwell [1989] costituisce un solido punto di partenza nell'esame della relazione tra sviluppo tecnologico e internazionalizzazione dell'impresa, e del cambiamento nel lungo periodo della specializzazione tecnologica e innovativa dei paesi.

Più in generale, va sottolineato che una delle sfide intellettuali più rilevanti e stimolanti per l'approccio evolutivo riguarda la costruzione di un legame micro-macro, tra l'analisi micro-industriale di carattere evolutivo e l'analisi del sistema economico di natura intersettoriale presentata in Pasinetti [1981], e di natura macroeconomica e occupazionale presentata da Sylos Labini [1989].

Riferimenti bibliografici

- Abernathy W.J. e Utterback J.M. (1975), *A Dynamic Model of Product and Process Innovation*, in «Omega», vol. 3, n. 6.
- Allen P.M. (1988), *Evolution, Innovation and Economics*, in Dosi e altri (1988).
- Altschuler A., Anderson M., Jones D., Roos D. e Womack J. (1984), *The Future of the Automobile: Report of MIT's International Automobile Programme*, London, George Allen and Unwin.
- Amendola M. (1983), *A Change of Perspective in the Analysis of the Process of Innovation*, in «Metroeconomica».
- Amendola M. e Gaffard L. (1989), *The Innovative Choice*, Oxford, Basil Blackwell.
- Antonelli C. (1983), *Cambiamento tecnologico e teoria dell'impresa*, Torino, Loescher.
- (1987), *Dall'economia industriale alla organizzazione industriale*, in «Economia Politica», IV, n. 2 agosto.
- Aoki M. (1986), *Horizontal vs. Vertical Information Structure of the Firm*, in «American Economic Review», vol. 76, n. 5, pp. 971-83.
- Aoki M. e Dosi G. (1989), *Corporate Organization and Finance*, paper presentato alla Conferenza «Finance and the Enterprise in a Historical Perspective», Terni, 29 settembre-1 ottobre.
- Aoki M. e Rosenberg N. (1987), *The Japanese Firm as an Innovating Institution*, Stanford, Stanford University, CEPR Publication n. 106.
- Archibugi D. (1987), *La struttura settoriale dell'innovazione industriale in Italia*, in «Rivista di Politica Industriale».
- Archibugi D., Cesaratto S. e Sirilli G. (1988), *Fonti dell'attività innovativa e organizzazione industriale*, in «Rivista di Politica Economica».
- Arthur W.B. (1989), *Competing Technologies and Lock-in by Historical Events*, in «The Economic Journal», 99, marzo.
- Atkinson A. e Stiglitz J. (1969), *A New View of Technological Change*, in «Economic Journal», vol. 79, pp. 573-78.
- Barca F. (1985), *Tendenze nella struttura dimensionale dell'industria italiana*:

- una verifica empirica del modello di specializzazione flessibile, in «Politica Economica», I, 1, aprile.
- Becattini G. (1987), *Mercato e forze locali: il distretto industriale*, Bologna, Il Mulino.
- (1989), *Modelli locali di sviluppo*, Bologna, Il Mulino.
- Boyer R. (1988), *Technical Change and the Theory of Regulation*, in Dosi e altri (1988).
- Brusco S. (1982), *The Emilian Model. Productive Decentralization and Social Integration*, in «Cambridge Journal of Economics».
- Cainarca R., Colombo M. e Mariotti S. (1987), *La diversificazione delle imprese industriali europee e statunitensi: una comparazione*, in «Economia e politica industriale».
- (1989), *An Evolutionary Pattern of Innovation Diffusion: the Case of Flexible automation*, in «Research Policy».
- Cantwell J. (1988), *Technological Innovation and Multinational Corporations*, Oxford, Basil Blackwell.
- Chesnais F. (1986), *Some Notes on Technological Cumulativeness, the Appropriation of Technology and Technological Progressiveness in Concentrated Market Structures*, in «OECD STI Review».
- (1988), *Technical Cooperation Agreements between Firms*, in «OECD STI Review», n. 4.
- Cohen W.M. e Levin R. (1989), *Empirical Studies of Innovation and Market Structure*, in Schmalensee R. e Willig R., *Handbook of Industrial Organization*, Amsterdam, North Holland.
- Cohen W.M. e Levinthal D.A. (1989), *Innovation and Learning: the Two Faces of R&D. Implications for the Analysis of R&D Investment*, in «Economic Journal».
- Cohen W. e Malerba F. (1989), *Diversity of Knowledge, Innovative Activities and Technological Change*, paper presentato al Seminario «Science, Technology and Economic Growth», OECD, Parigi, 5-8 giugno.
- Contini B. (1988), *Grandi e piccole imprese industriali in Italia: dinamica e performance negli anni '80 a confronto*, in «Moneta e credito».
- Contini B. e Revelli R. (1986), *Natalità e mortalità delle imprese italiane: risultati preliminari e nuove direzioni di ricerca*, in «L'Industria».
- Cowan R. (1989), *Technological Variety and Competition. Issues of Diffusion and Intervention*, paper presentato al Seminario «Science, Technology and Economic Growth», OECD, Parigi, 5-8 giugno.
- Cozzi G. e Vaccà S. (1986), *Esiste davvero il consumatore universale?*, in «Economia e Politica Industriale», n. 52.
- David P. (1985), *Cliometrics and the Economics of QWERTY*, in «American Economic Review, Papers and Proceedings».
- (1986), *Narrow Windows, Blind Giants and Angry Orphans: The Dynamics of System Rivalries and Dilemmas of Technology Policy*, Working Paper n. 10, Stanford, Stanford University, CEPR.
- (1988), *Path-dependence: Putting the Past into the Future of Economics*, Stanford, Stanford University, CEPR.
- Day R. (1984), *Disequilibrium Economic Dynamics*, in «Journal of Economic Behaviour and Organization», vol. 5, n. 3-4.

- Di Bernardo B. e Rullani E. (1985), *Transizione tecnologica e strategie evolutive*, CEDAM, Padova.
- Dorfman N. (1987), *Innovation and Market Structure. Lessons from the Computer and Semiconductor Industries*, Cambridge, Mass., Ballinger.
- Dosi G. (1982), *Technological Paradigms and Technological Trajectories. Suggested Interpretation of the Determinants and Directions of Technical Change*, in «Research Policy».
- (1984), *Technical Change and Industrial Transformation. The Theory and an Application to the Semiconductor Industry*, London, Macmillan.
- (1988), *The Microeconomic Sources and Effects of Innovation*, in «Journal of Economic Literature».
- (1988), *Finance, Innovation and Industrial Change*, paper presentato alla Conferenza «The markets for innovation, ownership and control», IUI, Stoccolma, 12-15 giugno.
- Dosi G. e Egidi M. (1987), *Substantive and Procedural Uncertainty. An Exploration of Economic Behaviours in Complex and Changing Environments*, Brighton, SPRU, University of Sussex, DRC Discussion Paper.
- Dosi G., Freeman C., Nelson R.R., Silverberg G. e Soete L. (a cura di) (1988), *Technical Change and Economic Theory*, London, Frances Pinter.
- Dosi G. e Orsenigo L. (1988a), *Market Structure and Technical Change*, in A. Heertje (1988).
- (1988b), *Coordination and Transformation: An Overview of Structures, Behaviour and Change in Evolutionary Environments*, in Dosi e altri (1988).
- Dosi G. e Soete L. (1988), *Technical Change and International Trade*, in Dosi e altri (1988).
- Dosi G., Teece D. e Winter S. (1989), *Towards a Theory of Corporate Coherence*, in corso di pubblicazione, in Dosi G., Giannetti R., Toninelli (a cura di), *Technology and the Enterprise in a Historical Perspective*, Oxford, Oxford University Press.
- Downie J. (1958), *The Competitive Process*, London, Duckworth.
- Egidi M. (1986), *The Generation and Diffusion of New Routines*, paper presentato alla Conferenza «Innovation Diffusion», Venezia, 17-21 marzo.
- (1989), *L'impresa come auto-organizzazione*, dattiloscritto.
- Eliasson G. (1986), *The Firm and Financial Markets in the Swedish Micro-to-macro Model*, Stoccolma, IUI.
- Ergas H. (1986), *Does Technology Policy Matter?*, Parigi, OECD, dattiloscritto.
- Fagerberg J. (1987), *A Technology-gap Approach to Why Growth Rate Differ*, in «The Economic Journal».
- Faulkner W. e Orsenigo L. (1989), *State Policies and Industrial Innovation in Weaker Economies. The Case of Biotechnology in Britain and Italy*, in *State Policy and Techno-Industrial Innovation*, a cura di V. Hilpert, London, Routledge.
- Freeman C. (1982), *The Economics of Industrial Innovation*, London, Frances Pinter.
- (1987), *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*, London, Frances Pinter.
- Freeman C., Clark J. e Soete L. (1982), *Unemployment and Technical Innovation: A Study on Long Waves in Economic Development*, London, Frances Pinter.

- Gambardella A. (1989), *Differenze interindustriali nel processo di generazione e sviluppo delle innovazioni tecnologiche*, in «L'Industria», n. 2.
- Geroski P.A. (1988), *The Persistence of Profits: A European Comparison*, in «The Economic Journal».
- Geroski P.A. e Masson R.T. (1987), *Dynamic Market Models in Industrial Organization*, in «International Journal of Industrial Organization».
- Gibbons M. e Metcalfe J.S. (1986), *Technological Variety and the Process of Competition*, paper presentato alla Conferenza «Innovation Diffusion», Venezia, 17-21 marzo.
- Goodwin R.M., Kruger M. e Vercelli A. (1984), *Non-linear Models of Fluctuating Growth*, Berlin/Heidelberg/New York/Tokyo, Springer Verlag.
- Gort M. e Klepper S. (1982), *Time Paths in the Diffusion of Product Innovations*, in «The Economic Journal».
- Grabowski H.G. e Vernon J.M. (1984), *Pioneers, Imitators and Generics: A Model of Schumpeterian Competition in the Pharmaceutical Industry*, Duke University, dattiloscritto.
- (1984a), *A Computer Simulation Model of Pharmaceutical Innovation*, in *Arne Ryde Symposium on Pharmaceutical Economics*, a cura di B. Lindgren, Swedish Institute for Health Economics and Liber Forlag.
- Graziani A. (1977), *Introduzione*, in J.A. Schumpeter, *Il processo capitalistico. Cicli economici*, UTET, Torino.
- Gros Pietro G.M. (1985), *L'innovazione nell'industria italiana: situazioni e problemi*, in «L'Industria», VI, 2.
- Grupp H. (1989), *Innovation Dynamics in OECD Countries by Technometric Analysis*, paper presentato al Seminario «Science, Technology and Economic Growth», OECD, Parigi, 5-8 giugno.
- Heertje A. (ed.) (1988), *Innovation, Technology and Finance*, Oxford, Basil Blackwell.
- Heiner R.A. (1983), *The Origin of Predictable Behavior*, in «American Economic Review».
- (1988), *Imperfect Decisions and Routinized Production: Implications for Evolutionary Modelling and Inertial Technical Change*, in Dosi e altri (1988).
- Herriot S.R., Levinthal D. e March J.G. (1985), *Learning from Experience in Organizations*, in «American Economic Review. Papers and Proceedings».
- Hey J.D. (1989), *Experiments in Industrial Organization*, paper presentato alla Conferenza «Recent Developments in the Theory of Industrial Organization», Napoli 28-29 aprile.
- Ijiri Y. e Simon H. (1977), *Skewed Distributions and Sizes of Business Firms*, Amsterdam, North Holland.
- Imai K. (1988), *Network Organization and Incremental Innovation in Japan*, Discussion Paper n. 122, Tokyo, Hitotsubashi University.
- Imai K. e Baba Y. (1988), *Systemic Innovation and Cross-Border Networks. Transcending Markets and Hierarchies to Create a New Techno-Economic System*, paper presentato al Seminario «Science, Technology and Economic Growth», OECD, Parigi, 5-8 giugno.
- Imai K. e Itami B. (1984), *Mutual Infiltration of Organizations and Markets. Japan's Firm and Market in Comparison with the U.S.*, in «International Journal of Industrial Organization».

- Iwai K. (1984a), *Schumpeterian Dynamics: Part I: An Evolutionary Model of Selection and Imitation*, in «Journal of Economic Behaviour and Organization», vol. 5, pp. 159-90.
- (1984b), *Schumpeterian Dynamics: Part II: Technological Progress, Firm Growth and «Economic Selection»*, in «Journal of Economic Behaviour and Organization», vol. 5, pp. 321-51.
- Jacquemin A. (1987), *The New Industrial Organization*, Oxford, Clarendon Press.
- Kamien M. e Schwartz N. (1982), *Market Structure and Innovation*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Katz B. e Phillips A. (1982), *Government, Technological Opportunities and the Structuring of the Computer Industry: 1946-61*, in Nelson R.R. (1982).
- Kenney M. (1986), *Biotechnology. The University-Industrial Complex*, New Haven, Yale University Press.
- Klein B. (1977), *Dynamic Economics*, Cambridge, Mass., Harvard University Press.
- Kline S.J. e Rosenberg N. (1986), *An Overview of Innovation*, in Landau e Rosenberg (1986).
- Landau R. e Rosenberg N. (a cura di) (1986), *The Positive Sum Strategy*, Washington, D.C., National Academy Press.
- Levin R. (1981), *Towards an Empirical Model of Schumpeterian Competition*, working paper n. 43, Yale S.O.M.
- Levin R., Cohen W.M. e Mowery D. (1985), *R&D Appropriability, Opportunity and Market Structure: New Evidence on Some Schumpeterian Hypotheses*, in «American Economic Review, Papers and Proceedings», vol. 75, n. 2, pp. 20-24.
- Levin R., Klevorick A., Nelson R.R. e Winter S. (1987), *Appropriating the Returns from Industrial Research and Development*, in «Brookings Papers on Economic Activity», 3.
- Levin R. e Reiss P. (1989), *Cost-reducing and Demand – Creating R&D with Spillovers*, in «Rand Journal of Economics».
- Levy D. (1987), *The Speed of the Invisible Hand*, in «International Journal of Industrial Organization».
- Lundvall B.A. (1988), *Innovations as an Interactive Process: From User – Producer Interaction to the National System of Innovation*, in Dosi e altri (1988).
- Malerba F. (1985), *Demand Structure and Technological Change*, in «Research Policy», n. 14.
- (1985), *The semiconductor business. The Economics of Rapid Growth and Decline*, London, Frances Pinter.
- (1987a), *Dalla dipendenza alla capacità tecnologica autonoma: l'evoluzione dell'industria italiana della microelettronica*, Milano, F. Angeli.
- (1987b), *Apprendimento, innovazioni incrementali e tecnologia; una analisi interindustriale*, in «Giornale degli Economisti e Annali di Economia».
- (1988), *Apprendimento, innovazione e capacità tecnologiche: verso una nuova concettualizzazione dell'impresa*, in «Economia e Politica Industriale».
- (1989), *Italy. The Italian System of Innovation*, Università di Brescia, datiloscritto.
- Malerba F. e Orsenigo L. (1989a), *L'accumulazione delle capacità tecnologiche*

- nell'industria italiana, in *Innovazione tecnologica e servizi alle imprese*, a cura di C. Filippini, Milano, F. Angeli (di prossima pubblicazione).
- (1989b), *Technological Regimes and Patterns of Innovation: A Theoretical and Empirical Investigation of the Italian Case*, paper presentato alla Conferenza «Evolution of Technology and Market Structure in an International Context», Siena.
- Malerba F. e Torrisi S. (1990), *Complessità tecnologica, organizzazione industriale e diversità tra imprese. Il caso delle grandi imprese informatiche*, in «Economia e Politica Industriale», 65.
- Metcalf J.S. (1985), *On Technological Competition*, Manchester, Department of Economics, University of Manchester, dattiloscritto.
- (1988), *The Diffusion of Innovation: An Interpretative Survey*, in Dosi e altri (1988).
- Momigliano F. (1982), *I rapporti tra attività innovativa, profitti, investimenti e crescita: implicazioni di politica industriale*, in *La politica per l'innovazione industriale*, a cura di E. Gerelli, Milano, F. Angeli.
- (1983), *Determinanti ed effetti della R&S in una industria ad alta opportunità tecnologica: un'indagine econometrica*, in «L'Industria».
- (1985), *Determinanti, tipologia ed effetti dell'innovazione come fattore di competitività*, in *Innovazione, competitività e vincolo energetico*, a cura di F. Onida, Bologna, Il Mulino.
- (1986), *Le leggi della politica industriale in Italia*, Bologna, Il Mulino.
- Momigliano F. e Dosi G. (1983), *Tecnologia e organizzazione industriale internazionale*, Bologna, Il Mulino.
- Mowery D. (1983), *The Relationship between the Contractual and Intra-firm Forms of Industrial Research in American Manufacturing, 1900-1940*, in «Exploration in Economic History».
- (1988), *International Collaborative Ventures in U.S. Manufacturing*, Cambridge, Mass., Ballinger.
- Mowery D. e Rosenberg N. (1979), *The Influence of Market Demand upon Innovation: A Critical Survey of some Recent Empirical Studies*, in «Research Policy».
- Narin F. (1982), *Assessment of the Linkages between Patents and Fundamental Research*, Workshop on patents and innovation statistics, Parigi, OECD.
- Narin F. e Noma D. (1985), *Is Technology Becoming Science?*, in «Scientometrics».
- Nelson R.R. (a cura di) (1982), *Government and Technical Progress: a Cross-Industry Analysis*, New York, Pergamon Press.
- (1984), *High Technology Policies: A Five Nations Comparison*, Washington, D.C., American Enterprise Institute.
- (1988), *Institutions Supporting Technical Change in the United States*, in Dosi e altri (1988).
- Nelson R.R. e Winter S. (1982), *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Cambridge (Mass.), The Belknap Press of Harvard University Press.
- Onida F. e Malaman R. (1989), *Industria italiana e alte tecnologie*, Milano, F. Angeli.
- (1988), *R&D Cooperation between Industry, University and Non-academic Research Organizations*, in «Technovation».

- Onida F., Malerba F. e Maggi G. (1988), *Learning-by-doing, Dynamic Economies and International Trade: What can we Learn in Search of a Theory of Dynamic Comparative Advantages?*, Torino, Conferenza Rota.
- Orsenigo L. (1989), *The Emergence of Biotechnology*, London, Frances Pinter.
- (1989), *Markets and Institutions in the Dynamics of Industrial Innovation. The Theory and the Case of Biotechnology*, Ph.D. Dissertation, Brighton, SPRU, University of Sussex.
- Pasinetti L. (1981), *Structural Change and Economic Growth*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Patel P. e Pavitt K. (1987), *Is Western Europe losing the Technological Race?*, in «Research Policy».
- (1989), *A Comparison of Technology Activities in FR Germany and the UK*, in «National Westminster Quarterly Review».
- Pavitt K. (1984), *Sectoral Patterns of Technological Change: Towards a Taxonomy and a Theory*, in «Research Policy», vol. 13, n. 6, pp. 343-74.
- (1987), *On the Nature of Technology*, lezione inaugurale, Brighton, SPRU, University of Sussex.
- Pavitt K. e Hanson P. (1987), *The Comparative Economics of Research, Development and Innovation in East and West: A Survey*, in «Fundamentals of Pure and Applied Economics», n. 25, Harwood Academic Publishers.
- Pavitt K., Robson M. e Townsend J. (1987), *The Size Distribution of Innovating Firms in the U.K.: 1945-83*, in «Journal of Industrial Economics».
- (1989), *Technological Accumulation, Diversification and Organization in UK Companies, 1982-83*, in «Management Science».
- Phillips A. (1971), *Technology and Market Structure: A Study of the Aircraft Industry*, Lexington, Mass., D.C. Heath.
- Rosenberg N. (1976), *Perspectives on Technology*, Cambridge, Cambridge University Press.
- (1982), *Inside the Black Box*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Rothblum U. e Winter S. (1985), *Asymptotic Behaviour of Market Shares for a Stochastic Growth Model*, in «Journal of Economic Theory».
- Sahal D. (1981), *Patterns of Technological Innovation*, New York, Addison Wesley.
- Santarelli E. e Sterlacchini A. (1989), *Pattern regionali di innovazione tecnologica in Italia: R&S, brevetti all'estero, imprese innovative*, in «L'Industria».
- Sassu A. (1986), *Nuove prospettive per lo studio del progresso tecnologico*, in «Economia Politica».
- Saviotti P. (1988), *A Characteristics Approach to Technological Evolution and Competition*, Manchester, University of Manchester, dattiloscritto.
- Saviotti P. e Metcalfe J.S. (1984), *A Theoretical Approach to the Construction of Technology Output Indicators*, in «Research Policy», vol. 13, n. 3, pp. 141-52.
- Scherer F.M. (1982), *Inter-industry Technology Flows in the U.S.*, in «Research Policy», vol. 11, n. 4, pp. 227-46.
- (1986), *Innovation and Growth*, Cambridge, Mass., MIT Press.
- Sharp M. (1985), *The New Biotechnology: European Governments in Search of a Strategy*, Sussex European Papers, Brighton, University of Sussex.

- Silberston Z.A. e Taylor C. (1973), *The Economic Impact of the Patent System*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Silva F. (1985), *Qualcosa di nuovo nella teoria dell'impresa?*, in «Economia Politica».
- Silverberg G. (1987), *Technical Progress, Capital Accumulation and Effective Demand: A Self-organization Model*, in *Economic Evolution and Structural Adjustment*, a cura di Batten, Casti e Johansson, Berlin, Springer Verlag.
- (1988), *Modelling Economic Dynamics and Technical Change: Mathematical Approaches to Self-organization and Evolution*, in Dosi e altri (1988).
- Silverberg G., Dosi G. e Orsenigo L. (1988), *Innovation, Diversity and Diffusion: A Self-organization Model*, in «Economic Journal», 98.
- Soete L. e Turner R. (1984), *Technology Diffusion and the Rate of Technical Change*, in «Economic Journal», 94.
- Steindl J. (1976), *Maturity and the Stagnation of American Capitalism*, New York, Monthly Review Press, seconda edizione.
- Sylos Labini P. (1989), *Nuove tecnologie e disoccupazione*, Bari, Laterza.
- Teece D. (1983), *Towards an Economic Theory of the Multi-product Firm*, in «Journal of Economic Behaviour and Organization», vol. 3, pp. 39-64.
- (1986), *Profiting from Technological Innovation*, in «Research Policy», vol. 15, pp. 285-306.
- (1988), *Technological Change and the Nature of the Firm*, in Dosi e altri (1988).
- Vaccà S. (1989), *Scienza e tecnologia nell'economia di impresa*, Milano, F. Angeli.
- von Hippel E. (1988), *The Sources of Innovation*, New York, Oxford University Press.
- Winter S. (1984), *Schumpeterian Competition in Alternative Technological Regimes*, in «Journal of Economic Behaviour and Organization», vol. 5, n. 3-4, pp. 287-320.