

Il sentiero dell'innovazione

Lecture di un concetto
economico controverso

Cristiano Antonelli e Pier Paolo Patrucco

 **Edizioni**
Fondazione Giovanni Agnelli

*Il presente studio raccoglie i risultati di un progetto di ricerca
della Fondazione Giovanni Agnelli*

Copyright © 2004 by *Edizioni della Fondazione Giovanni Agnelli*
via Giacosa 38, 10125 Torino
tel. 011 6500500, fax 011 6502777
e-mail: edizioni@fga.it Internet: <http://www.fondazione-agnelli.it>

ISBN 88-7860-189-6

Le opinioni espresse dagli autori non riflettono necessariamente
il punto di vista dell'Editore

Indice

Introduzione

L'economia dell'innovazione: tra rigore disciplinare e ambizioni metodologiche	1
--	---

Parte prima

Percorsi teorici nell'economia dell'innovazione

Cristiano Antonelli

1.1. Introduzione	7
1.2. Metafore ed euristiche	10
1.2.1. La scoperta del residuo: le origini dell'economia dell'innovazione	10
1.2.2. Manna, miniere e opportunità tecnologiche	12
1.2.3. Innovazione e forme di mercato	16
1.2.4. Innesti biologici: diffusione epidemica e cicli di vita	19
1.2.5. Traiettorie e sentieri tecnologici	24
1.2.6. Conoscenza collettiva e reti	36
1.2.7. Tentazioni pericolose	48
1.3. Il governo dei processi innovativi	49
1.3.1. Conoscenza esterna e conoscenza interna	49
1.3.2. Dalla produzione di conoscenza alla distribuzione di conoscenza	52
1.3.3. La distribuzione di conoscenza	54
1.3.4. Specificità e contingenze	60
1.3.5. L'architettura dei modelli di governo dei sistemi innovativi	69
1.3.6. Meccanismi di governo e processi innovativi	79

Indice

1.4. Conclusioni. Innovazione, cambiamento tecnologico e struttura economica: una prospettiva sistemica	80
Bibliografia	90

Parte seconda

L'economia dell'innovazione in Italia: presupposti, programmi e prospettive

Pier Paolo Patrucco

2.1. Introduzione	109
2.2. Presupposti analitici dell'economia dell'innovazione in Italia	113
2.2.1. Territorio, cambiamento e sviluppo economico	114
2.2.2. Forme di mercato e cambiamento tecnico	123
2.2.3. La grande impresa come soggetto innovatore	126
2.3. Programmi di ricerca nell'economia dell'innovazione in Italia	131
2.3.1. Distretti, economia spaziale e sistemi regionali d'innovazione	132
2.3.2. Struttura industriale, condizioni del mercato e regimi tecnologici	138
2.3.3. Organizzazioni, processi decisionali e innovazione	146
2.3.4. Globalizzazione e innovazione	149
2.3.5. Cambiamento tecnologico localizzato e «path-dependence»	153
2.4. Conclusioni e prospettive	157
Bibliografia	163
Nota sugli autori	171

Il sentiero dell'innovazione

Introduzione

L'economia dell'innovazione: tra rigore disciplinare e ambizioni metodologiche

La nascita e lo sviluppo dell'economia dell'innovazione, come ambito specialistico di studio accademico e di ricerca empirica, anche suscettibile di applicazioni a problemi concreti di condotta aziendale e politica economica, si colloca per intero nella grande fase di crescita orizzontale della teoria economica che caratterizzò gli anni cinquanta e sessanta del XX secolo.

In quell'epoca la teoria economica, digerita e integrata la grande eresia keynesiana in un quadro interpretativo ampio e articolato, si guardava intorno alla ricerca di nuovi campi di applicazione delle sue categorie analitiche e del suo potente meccanismo di analisi sistemica. La ritrovata sicurezza nella validità del modello di interpretazione basato sull'individualismo metodologico e sulla fiducia nella piena razionalità degli agenti e di conseguenza sul calcolo marginale e l'annessione della nuova grande provincia macroeconomica al paradigma dell'equilibrio economico generale spingevano gli economisti a misurarsi con nuovi campi di applicazione.

Campi di applicazione nuovi, in cui dimostrare la straordinaria capacità euristica del modello e insieme ottenere nuovi ambiti di competenza e primato professionale. Non a caso si parla, in quegli anni, di imperialismo economico. Proliferano così nuovi saperi: l'economia della salute e dell'istruzione, l'economia del rischio e delle assicurazioni, l'economia dell'incertezza e dell'informazione. Parallelamente si assiste a una progressiva specializzazione delle competenze anche nel cuore stesso della disciplina: si definiscono con più rigore ambiti fino ad allora intercambiabili come l'economia internazionale e regionale, l'economia industriale e l'economia dell'impresa, l'economia del lavoro e soprattutto la

grande crescita specialistica delle applicazioni dell'analisi economica alla finanza.

Questa fase merita, per molti motivi, il riferimento metaforico all'anabasi. Gli economisti come le truppe persiane avanzano certi della vittoria. Non solo gli economisti si domandano quale sia la causa della ricchezza delle nazioni, ma anche e conseguentemente, affrontano nuovi interrogativi: perché certi paesi siano più innovativi di altri, perché certe imprese siano più capaci di innovare di altre, perché determinate forme di mercato mostrino condizioni più favorevoli di altre per l'innovazione e la crescita delle imprese, perché certi periodi storici appaiano più fertili e dinamici di altri. Si distingue l'analisi dei determinanti dell'attività innovativa, a sua volta identificata come una forma specifica di azione economica, dall'analisi degli effetti dell'introduzione delle innovazioni.

Il legame con il contributo originario di Joseph Schumpeter è forte e si declina evidentemente in due campi di analisi economica che più di tutti alimentano la nascita dell'economia dell'innovazione e ne connotano i percorsi futuri. Da un lato, la crescita e lo sviluppo economico rimangono un puzzle fondamentale, sia analiticamente sia empiricamente, sia, infine, dal punto di vista delle implicazioni di politica economica. L'analisi delle caratteristiche e dinamiche del cambiamento tecnologico, che è visto come fattore determinante di crescita, contribuisce via via a segnalare le inadeguatezze degli approcci precedenti, a trovare soluzioni alternative e progressivamente più vicine all'individuazione delle vere fonti e cause della crescita, a delineare nuove azioni di politica economica. Inoltre, gli economisti dell'innovazione si sforzano di introdurre, più o meno con successo, spiegazioni endogene anche a livello aggregato dei processi di innovazione e crescita. In particolare, la non linearità della relazione tra scienza, innovazione e tecnologia acquista un posto di rilievo all'interno della disciplina, con importanti conseguenze per le dinamiche di cambiamento tecnologico e sviluppo economico, che ora rispondono alle leggi della cumulatività e dei rendimenti crescenti.

Dall'altro lato, l'evidenza empirica mostra che certe strutture industriali e forme di mercato sono caratterizzate da più alti livelli di innovazione e crescita delle imprese. L'analisi del rapporto tra forme di competizione, ritorni economici (soprattutto sotto forma di

profitti) e innovazione emerge quindi come il secondo pilastro su cui si sviluppa la disciplina. Anche in questo caso il problema è complesso: diversi settori, diverse applicazioni tecnologiche e diverse localizzazioni geografiche trovano in diverse forme di mercato la struttura industriale più appropriata per ottenere migliori performance innovative e competitive. Di volta in volta, modelli caratterizzati da un elevato livello di entrata e uscita di imprese, oppure da fenomeni di crescita verticale tipici dei contesti oligopolistici, riescono a spiegare più alti tassi di innovazione sia a livello microeconomico che settoriale. Rispetto all'analisi aggregata dei fenomeni di cambiamento tecnologico tipica dello studio della relazione tra innovazione e sviluppo economico, la disciplina si arricchisce di un maggiore dettaglio analitico che individua nell'impresa e nelle forme di mercato le unità di analisi più appropriate per spiegare in modo endogeno le dinamiche di innovazione. In questo contesto, l'innovazione si conferma come motore di migliori performance economiche, non solo macroeconomiche. Inoltre, l'evoluzione storica delle forme istituzionali di mercato e delle dinamiche di cambiamento tecnologico segnala l'affermarsi dell'oligopolio e della grande impresa, spesso multinazionale, come i contesti che meglio si prestano a sostenere l'innovazione nel tempo.

L'economia dell'innovazione invade così, con un tipico approccio dinamico, attento ai processi di cambiamento, i campi già dissestati dell'economia industriale e dell'economia regionale, ma non disdegna puntate importanti nell'economia internazionale e soprattutto nell'economia pubblica. Il tasso di crescita dei sistemi economici e delle loro quote di mercato, i differenziali salariali e dei tassi di profitto, vengono progressivamente ricondotti alla capacità innovativa. La capacità innovativa diventa anzi una delle fondamentali cause della ricchezza delle nazioni e più in particolare della differenza talora persistente, se non addirittura crescente, nella ricchezza delle nazioni.

Il patrimonio di conoscenze e ricette, di diagnosi e terapie, costruito dall'economia dell'innovazione in questa fase, tuttora aperta del resto, non è trascurabile. Anzi, è tanto rilevante da sollecitare in molti dei suoi cultori la tentazione della catabasi.

Studiando e indagando nel campo multiforme dell'economia dell'innovazione sono infatti affiorati a più riprese alcuni reperti,

ingombranti e significativi, che non è facile rimuovere e tuttavia imbarazzanti, specie se opportunamente messi a sistema, soprattutto per la teoria dominante che pure le spese dell'imponente spedizione aveva finanziato.

La conoscenza tecnologica non sembra così esogena come si era serenamente ritenuto di poter postulare, né i fattori produttivi e le stesse preferenze sono del tutto reversibili. Il funzionamento del sistema economico nel suo complesso sembra inoltre, da questa particolare prospettiva di osservazione e ricostruzione analitica, sempre più caratterizzato da elementi dinamici tipicamente non-ergodici, tali per cui cioè il ritorno all'indietro dei fenomeni (la perfetta reversibilità) può e deve essere messo in discussione.

Non solo, ma continuando, si capisce con chiarezza quanto sia fallace assumere la perfetta razionalità degli agenti economici, soprattutto quando da questa si facciano discendere ipotesi di aspettative razionali che assumono, è bene saperlo, la perfetta capacità degli agenti di prevedere tutta la gamma di avvenimenti futuri, ivi comprese naturalmente le innovazioni prossime venture e con esse le nuove tecnologie e dunque le nuove distribuzioni delle preferenze dei consumatori, che peraltro esogene non sono.

Ma c'è di peggio: se la conoscenza tecnologica non è più esogena, ma anzi presenta forti elementi di determinazione economica, le stesse ipotesi di funzionamento dei mercati devono essere rimesse in discussione. Se le imprese non si limitano ad aggiustare prezzi a quantità e viceversa, ma sono anche capaci di innovare e inoltre sembrano capaci di innovare in risposta a segnali inattesi di prezzo e quantità, si capisce che non è più possibile immaginare un equilibrio economico generale, ma si deve piuttosto parlare di una gamma o forse ancor più precisamente di un sentiero, di possibili equilibri economici generali, che, si deve aggiungere, non sono perfettamente ordinabili, posto che la stessa evoluzione delle preferenze dei consumatori presenta caratteri fortemente endogeni.

Del resto la capacità innovativa, in quanto è fortemente influenzata dai caratteri propri dei processi di accumulazione della conoscenza tecnologica, non può non fare i conti con i problemi tipici di indeterminatezza posti dall'esistenza di esternalità e dai caratteri di bene quasi-pubblico che la conoscenza tecnologica e ancor più la conoscenza scientifica, in quanto bene economico, presentano. In

realtà l'economia dell'innovazione pone le basi per un'analisi del sistema economico come un sistema aperto in cui gli agenti sono in grado di modificare intenzionalmente le condizioni al contorno che tradizionalmente racchiudono e definiscono il modello neoclassico.

Insomma, le scoperte dell'economia dell'innovazione sono molte e molto importanti. Così numerose e impegnative, da porre problemi di coerenza e compatibilità con il modello di partenza che a molti sembrano insormontabili. Secondo molti, inizia qui la catabasi dell'approccio ortodosso. L'analisi del sistema economico come un sistema aperto offre nuovi stimoli e prospettive di indagine.

L'economia dell'innovazione si presenta così, sul fare del nuovo secolo, incerta tra la tentazione, rigorosa e rassicurante, di consolidare le certezze acquisite in un ricco ambito disciplinare pienamente identificato, senza la pretesa di rifondare il modello, e l'ambizione di dimostrare che nuove verità si annunciano, meno rigorose e più complesse, ma certo più plausibili.

Nelle pagine che seguono il cammino dell'economia dell'innovazione è ripercorso a partire dagli anni cinquanta e in particolare dalla 'scoperta' del residuo, ovvero la crescente porzione di crescita della ricchezza prodotta in un sistema che non può essere ricondotta alla crescita degli input, né, di conseguenza, a un modello interpretativo in cui il cambiamento tecnologico e organizzativo non ha un ruolo analitico definito. Viene così delineato un cammino in cui l'analisi dell'innovazione dal punto di vista economico assume caratteri sempre più specifici e organici fino a diventare oggetto pienamente endogeno e come tale parte integrante di una rappresentazione del sistema economico come un sistema aperto in cui il cambiamento è sia qualitativo che quantitativo. La seconda parte del lavoro presenta una ricostruzione dei contributi spesso fondamentali che la teoria economica italiana ha dato alla formazione e alla crescita dell'economia dell'innovazione. L'insofferenza di una parte non trascurabile di questa tradizione teorica nei confronti delle restrittive assunzioni statiche del modello neoclassico ha infatti alimentato una straordinaria fertilità nell'analisi del cambiamento tecnologico e strutturale, e importanti novità nell'uso e implementazione delle tecniche e metodologie.

Il percorso dell'economia dell'innovazione in Italia si configura come nascita e sviluppo di una eterodossia 'minore', in qualche mo-

do di stampo liberale. A fronte del rifiuto delle grandi eterodossie neoricardiane, marxiste e keynesiane a utilizzare le categorie neoclassiche, i tipici e tradizionali strumenti dell'analisi economica vengono ripresi e integrati nelle esigenze di un'analisi dei sistemi economici dinamica, che si sforza di endogenizzare innovazione e crescita come risultato di dinamiche di mercato, di economie di agglomerazione, di processi di integrazione verticale delle imprese, e che prova a rendere conto sia empiricamente che analiticamente degli evidenti fenomeni di divergenza (nei tassi di crescita, di innovazione e di profitto), contraddicendo le assunzioni e previsioni del modello neoclassico.

Il contributo italiano all'economia dell'innovazione si integra precisamente nello sviluppo della disciplina a livello internazionale, sia perché ritrova il dualismo tra innovazione e sviluppo economico da un lato e innovazione e forme di mercato dall'altro, sia perché partecipa in modo originale alla contaminazione tra campi dell'analisi economica e metodologie che sta alla base dello sviluppo e della progressiva specializzazione della disciplina, per esempio facendo interagire economia industriale, economia regionale ed economia d'impresa.

Riprendendo la metafora di un'economia dell'innovazione che a livello internazionale si ritrova incerta tra l'appagamento per i risultati acquisiti e la scommessa di cercare nuove verità, in Italia l'originalità dell'approccio e delle metodologie sembra offrire grandi opportunità per uscire dall'impasse.

Parte prima
Percorsi teorici nell'economia dell'innovazione
Cristiano Antonelli

1.1. *Introduzione*

L'economia dell'innovazione è una fertile area di specializzazione, di recente formazione, nell'ambito della teoria economica. Nel corso della seconda metà del XX secolo, l'economia dell'innovazione è emersa come una distinta area di indagine dall'incontro di diverse discipline, quali l'economia industriale, l'economia regionale e internazionale, la teoria dell'impresa, l'economia del diritto, l'economia del lavoro.

In questo ambito, l'interazione con altre scienze, come la biologia e la fisica, la sociologia e la filosofia, è stata una costante fonte di ispirazione per l'economia dell'innovazione soprattutto come fonte di nuove metafore speculative da utilizzare nel contesto dell'analisi microeconomica dei determinanti, effetti e caratteri dei processi di introduzione di nuova conoscenza e nuove tecnologie.

Dopo la scoperta del residuo, tale processo è stato alimentato dall'articolazione sequenziale, e a volte sovrapposta, di tre metafore di ampia portata speculativa: la *manna*, la *traiettoria* e la *rete*. A queste si aggiunge la nuova area di indagine, in via di rapida espansione, sui meccanismi di governo dei processi innovativi. Ciascuna di esse ha permesso di raggiungere importanti risultati analitici. Gli approcci che ne sono scaturiti sono in competizione e tuttavia cooperano nel rendere questa disciplina un'area particolarmente fertile e creativa della teoria economica.

Da questo punto di vista, l'economia dell'innovazione rappresenta qualcosa di più di un nuovo tentativo dell'economia di estendere la propria metodologia nelle scienze sociali, come nel caso del-

l'economia dell'educazione, della salute o del rischio. L'economia dell'innovazione è anche e soprattutto un luogo di elaborazione privilegiato di una rappresentazione dinamica della teoria economica nel suo insieme.

Il lavoro che segue è articolato in due parti. La prima fornisce una rassegna critica dei principali passi attraverso i quali si è delineata l'economia dell'innovazione. La seconda approfondisce i risultati delle ricerche in corso sui meccanismi di governo dell'attività innovativa.

Nella prima parte, la nascita di quest'area di specializzazione viene dapprima identificata con la scoperta del residuo. La seconda sezione mostra la progressiva riduzione del potere euristico della nozione di cambiamento tecnologico, inteso, nella metafora della manna, come processo esogeno. La manna cede il passo alla nozione di opportunità tecnologica e soprattutto al dibattito sul rapporto tra forme di mercato e innovazione.

Nella successiva sezione si dà risalto al contributo delle sollecitazioni prodotte dalla biologia nella prima articolazione dell'economia dell'innovazione, in particolare ripercorrendo la letteratura sui processi epidemici per la comprensione della diffusione dell'innovazione, e l'approccio del ciclo di vita adottato per ordinare la sequenza di avvenimenti che seguono l'introduzione di un nuovo prodotto. Nella sezione seguente si presenta la formazione della metafora della traiettoria tecnologica e dei paradigmi tecnologici, in fine sostituita da una più articolata comprensione del ruolo della «path-dependence» e in particolare dell'irreversibilità, della cumulabilità della conoscenza nel cambiamento tecnologico e dei processi di creatività indotta. Qui l'influenza della filosofia della scienza e in particolare del dibattito post-popperiano, in un primo tempo, e dell'analisi storica in seguito, è particolarmente evidente. Di particolare rilievo è l'influenza della formazione del neodarwinismo, dovuta anche ai contributi di Stephen Jay Gould e alla nozione di «crescita puntuata».

In questo ambito vengono introdotti i concetti di conoscenza collettiva, di reti di agenti innovatori, e vengono identificati due attributi rilevanti del cambiamento tecnologico, la complementarità e la fungibilità, come sviluppo delle nozioni di non-appropriabilità ed eternalità. Le sollecitazioni della sociologia della conoscenza in

questa fase appaiono molto forti e contribuiscono a valorizzare gli aspetti organizzativi e relazionali dei processi innovativi. La settima sezione presenta le nuove sfide dell'economia dell'innovazione, sollevate dall'avvento della nuova teoria della crescita endogena. La nuova teoria della crescita endogena fornisce una spiegazione, in condizioni di equilibrio, dei processi di generazione delle nuove tecnologie e dell'introduzione dell'innovazione tecnologica, basata sulla distinzione tra conoscenza generica inappropriabile e conoscenza specifica appropriabile. Ancora una volta il «mainstream» ha cercato, con questa operazione, di ricondurre un'ansa pericolosa del fiume della ricerca verso l'alveo del fiume dominante.

Diventa così evidente come l'economia dell'innovazione sia sempre di più luogo di confronto e dibattito tra i sostenitori di una rappresentazione del sistema economico come luogo dell'equilibrio e quanti credono che non solo la dinamica dei fatti economici ma anche la comprensione dei fatti economici siano possibili solo a partire dalla nozione di disequilibrio.

Nella seconda parte viene presentata una sintesi delle ricerche in corso sui modelli e i meccanismi di governo delle dinamiche innovative a forte contenuto collettivo. La generazione di nuove tecnologie è qui analizzata come il risultato di una pluralità di meccanismi di governo di processi di interazione all'interno di un flusso di scambi di conoscenza e di comunicazioni tecnologiche. Rispetto a questo insieme di interazioni le transazioni di mercato per un verso e il coordinamento burocratico per l'altro rappresentano solo una parte, non necessariamente fondamentale. Perché tali interazioni e comunicazioni di carattere tecnologico possano accadere, sono necessari specifici meccanismi di governo e regolazione che si manifestano sotto l'influenza di specifiche contingenze, determinate dai tipi di tecnologia, di prodotti, di mercati e di organizzazioni di imprese e istituzioni coinvolti.

Le conclusioni ripropongono i fondamenti dell'economia dell'innovazione ovvero dell'analisi del cambiamento tecnologico come processo sistemico che si verifica in particolari condizioni ambientali e comportamentali, certo lontane dall'equilibrio.

1.2. *Metafore ed euristiche*

1.2.1. La scoperta del residuo: le origini dell'economia dell'innovazione

La prima definizione dell'economia dell'innovazione può essere rintracciata negli anni cinquanta, con l'introduzione del concetto di residuo. Grazie ai contributi di Abramovitz (1956) e di Solow (1957) l'economia dell'innovazione si concentra sul problema di spiegare, sia a livello del sistema nel suo complesso che dell'impresa, il processo di crescita dell'output che non può essere immediatamente attribuito a un aumento nei fattori di produzione, in presenza di condizioni d'equilibrio, mercati di fattori singoli e stabili, e rendimenti di scala costanti.

Il residuo emerge soltanto quando sono accettate forti assunzioni sui rendimenti crescenti e sulle condizioni di equilibrio. La rimozione dei rendimenti crescenti è discutibile e tuttavia è stata uno strumento utile sotto diversi aspetti. In presenza di rendimenti crescenti di scala, l'output cresce più dell'input ed è difficile isolare lo specifico contributo del cambiamento tecnologico alla crescita economica. Se si considerano i rendimenti di scala costanti, invece, tutto l'aumento dell'output che non possa essere spiegato in termini di appropriate variazioni nei livelli di impiego dei fattori produttivi, potrà essere considerato come il risultato dell'introduzione di innovazioni nei processi, nei prodotti e nell'organizzazione.

La nozione di residuo rischia di sovrastimare il ruolo effettivo del cambiamento tecnologico: parte della crescita non-spiegata potrebbe semplicemente essere causata dalla presenza di rendimenti crescenti. Inoltre, cosa più importante, questa distinzione e l'effettiva separazione tra il cambiamento tecnologico e i rendimenti crescenti rischiano di nascondere il ruolo dei rendimenti crescenti nell'introduzione del cambiamento tecnologico e, viceversa, il ruolo del cambiamento tecnologico nei rendimenti crescenti.

Su un piano parallelo, i limiti analitici della rimozione delle interazioni ricorrenti tra le condizioni di non-equilibrio e l'introduzione delle innovazioni sono sempre più evidenti: è difficile accettare l'ipotesi che le innovazioni vengano introdotte senza che il sistema si allontani, neanche temporaneamente, dalle condizioni di equilibrio.

D'altra parte, tuttavia, l'esclusione dei rendimenti crescenti e delle condizioni di non-equilibrio, come ipotesi di lavoro, ha fornito uno sfondo appropriato per apprezzare un'evidenza empirica capace di mettere a fuoco il ruolo chiave dell'innovazione.

In questo quadro analitico altamente legato al contesto, la crescita della produttività totale dei fattori è un autentico rompicapo per l'economia in generale e in particolare per la microeconomia. A livello dell'impresa, l'introduzione dell'innovazione non può essere considerata soltanto il risultato del comportamento razionale standard che prescrive l'uguaglianza di costi e ricavi marginali. Quando i comportamenti dell'impresa rispettino il criterio di ottimizzazione e quindi i costi dovuti all'attività innovativa uguagliano i ricavi marginali, misurati sia in termini di un aumento nelle vendite o di una riduzione dei costi, non accade alcuna crescita della produttività totale dei fattori (Griliches 1997).

Il vero problema per l'economia dell'innovazione è quello di fornire un contesto economico per comprendere il comportamento degli agenti economici di fronte all'incertezza radicale e alle molteplici possibili conseguenze delle loro scelte. Si rende necessaria una nozione più ampia di razionalità, così come una comprensione più articolata della complessità delle interazioni sociali, che vada oltre i classici aggiustamenti dei prezzi alle quantità, selezionati in un contesto di prevedibilità perfetta (Marchionatti 1999).

Più in generale, l'innovazione e la crescita della produttività totale dei fattori sollevano, in effetti, un serio problema per l'economia nel suo complesso. I risultati di Solow (1957) mostrano che più del 40% della crescita dell'economia statunitense, compresa tra gli anni 1900 e 1949, è stata determinata da un fattore che non può essere compreso, né analizzato, utilizzando le categorie tradizionali dell'analisi economica standard. Un lavoro di verifica empirica sistematica, compiuto dalla Banca Mondiale, conferma che, per un ampio numero di nazioni, più di un terzo della crescita dell'output, nella seconda metà del XX secolo, sarebbe spiegato dalla crescita della produttività totale dei fattori (Chenery e Elkinton 1975; Chenery, Robinson e Syrquin 1986).

La nascita dell'economia dell'innovazione, come distinta area di analisi e di ricerca nel più ampio contesto di crescente specializzazione dell'economia in generale, può essere considerata come il ri-

sultato principale dell'analisi della crescita dell'output riconducibile alla crescita della produttività totale dei fattori.

1.2.2. Manna, miniere e opportunità tecnologiche

La metafora della manna si delinea principalmente a partire dai primi contributi specialistici nel campo dell'economia del cambiamento tecnologico. All'inizio degli anni sessanta, l'ipotesi che il progresso tecnologico sia intrinsecamente esogeno appare la soluzione meno dannosa dal punto di vista della compatibilità con il modello analitico. Assumere la completa esogeneità del cambiamento ha permesso, in modo vantaggioso, di isolare l'analisi del cambiamento tecnologico dalla complessa rete di altre forze dinamiche e delle interazioni relative.

In particolare, nella tradizione analitica della manna, è stata introdotta una sequenza lineare tra le scoperte scientifiche e le innovazioni tecnologiche. Gli scienziati forniscono invenzioni e nuove conoscenze scientifiche. Queste ultime, in seguito, si trasformano in conoscenze tecnologiche che a loro volta alimentano l'introduzione di innovazioni tecnologiche (Machlup 1962).

Fin dalla sua comparsa, la metafora della manna ha trovato importanti sostegni, in termini di referenze esterne, nella prima sociologia dell'innovazione. La prima sociologia dell'innovazione è stata, infatti, elaborata a partire principalmente dai pionieristici contributi di Merton, a loro volta basati sulla tradizione weberiana, nel tentativo di identificare gli obiettivi e gli incentivi alle iniziative scientifiche. Gli scienziati, soprattutto accademici, generavano nuova conoscenza scientifica nell'ambito di un appropriato contesto istituzionale. Contesto in cui gli incentivi non erano definiti in termini strettamente economici. Gli scienziati autori di scoperte scientifiche producevano scienza immediatamente pubblica, perseguendo il fine di ottenere reputazione all'interno della comunità scientifica. Le pubblicazioni aumentavano lo stock di conoscenza disponibile «sugli scaffali della libreria» e pronta da usare, per scopi economici, dalle imprese.

Attribuire le caratteristiche di bene pubblico alla conoscenza scientifica e darne per acquisite, quindi, l'indivisibilità, la non-riva-

lità e la non-appropriabilità, ha sancito la divisione del lavoro tra imprese e università. A queste ultime, ovviamente, è stato assegnato il compito di produrre e distribuire il bene pubblico; alle imprese quello di raccogliere lo stimolo offerto dalle scoperte scientifiche. Il ruolo dello Stato in tale contesto era quello di un intermediario indispensabile, in grado di raccogliere le tasse necessarie al finanziamento della ricerca universitaria. Le invenzioni scientifiche perfezionate e migliorate in un ambiente accademico e, quindi, metaeconomico, conseguivano risultati che si traducevano in opportunità tecnologiche. Le imprese, sfruttando tali opportunità tecnologiche, introducevano le innovazioni grazie alle quali la produttività totale dei fattori aumentava e con essa la quantità di output prodotta, ma non direttamente spiegata, dall'aumento dell'input (Arrow 1962a; 1969).

Al fine di accrescere gli incentivi per gli agenti innovatori, i bassi livelli di appropriabilità naturale delle innovazioni tecnologiche possono essere accresciuti riconoscendo dei diritti di proprietà intellettuale, ad esempio attraverso l'assegnazione di brevetti. Ancora una volta si origina una dicotomia. La scienza è pubblica, mentre la tecnologia è privata. La conoscenza scientifica è la prima fonte della conoscenza tecnologica. La prima dovrebbe restare nella sfera pubblica, mentre la seconda potrebbe venire privatizzata al fine di aumentare i tassi di introduzione delle innovazioni tecnologiche (Lamberton 1971).

L'imprenditorialità, in questo contesto, conferma il ruolo chiave dei fattori meta-economici nella definizione del tasso e della direzione del cambiamento tecnologico. Seguendo l'approccio paleoschumpeteriano o Schumpeter Mark I – come Freeman, Clark e Soete (1982) definiscono la letteratura ispirata dalla «Teoria dello sviluppo economico» – la presenza di imprenditori in grado di individuare le nuove opportunità tecnologiche e di intravedere le possibili applicazioni tecnologiche ed economiche delle nuove scoperte scientifiche è considerata il fattore indispensabile e necessario per la comprensione del ritmo di introduzione delle tecnologie innovative e delle loro caratteristiche specifiche, in termini tecnologici ed economici (Antonelli 1982). L'analisi delle condizioni istituzionali ed economiche che favoriscono l'imprenditorialità e l'entrata sul mercato delle nuove imprese innovatrici in genere, diventa un'importante area di ricerca. I collegamenti e le relazioni di interfaccia

tra le università e le nuove imprese, il ruolo dei mercati finanziari nel fornire i fondi necessari alle innovazioni introdotte da imprese da poco entrate sul mercato, e il peso della vicinanza geografica nello stimolare la natalità di nuove imprese high-tech, diventano oggetto di indagine sistematica proprio in questa prospettiva.

Una prospettiva, a ben vedere, del tutto compatibile con il modello neoclassico.

L'analisi del cambiamento tecnologico come risultato di un processo esogeno fornisce il quadro teorico per studiare gli effetti asimmetrici dell'introduzione di nuove tecnologie. Queste possono influenzare la produttività marginale dei fattori coinvolti nella produzione, e di conseguenza, la domanda derivata per gli input, quando siano non-neutrali e abbiano effetti «labour-saving» o «capital-saving», o entrambi. La direzione del cambiamento tecnologico ha importanti conseguenze sul livello di equilibrio dei prezzi di mercato degli input (Stoneman 1983).

In questo contesto, l'analisi degli effetti del cambiamento tecnologico a livello dell'impresa è altrettanto rilevante. Le nuove imprese innovative entrano sul mercato demolendo le barriere all'entrata e corrodendo gli extraprofiti monopolistici, attraverso la riduzione della concentrazione. Le nuove tecnologie possono essere centrifughe o centripete, a seconda dei loro effetti sulla concentrazione regionale e industriale. Nel primo caso, le nuove tecnologie, come l'energia elettrica e le telecomunicazioni, favoriscono la distribuzione uniforme nello spazio regionale delle imprese e degli stabilimenti, nonché la riduzione delle dimensioni dell'impianto minimo necessario a operare in modo efficiente. Nel secondo caso, invece, le nuove tecnologie, come la petrolchimica e le linee di assemblaggio, possono favorire la concentrazione degli impianti soprattutto quando essa comporti rilevanti economie di scala e di scopo.

A questo punto, si verifica un interessante cambio di prospettiva: l'introduzione di conoscenze e di innovazioni tecnologiche è sempre più vista come il risultato di un processo simile a quello di ricerca ed estrazione di minerali preziosi senza l'aiuto di mappe geologiche. In questo contesto emerge il concetto di opportunità tecnologiche, che si rivela un importante contributo. Le imprese, sia di piccola sia di grande dimensione, e le industrie, a bassa o alta concentrazione, sono più produttive in termini di tassi d'introduzione di inno-

vazioni tecnologiche quando sono in presenza di opportunità tecnologiche. Queste ultime sono definite in termini di fertilità tecnica ed economica, in relazione agli sforzi necessari a introdurre nuove tecnologie, e possono condizionare a loro volta le scoperte scientifiche (Rosenberg 1976).

Le rilevanti asimmetrie indotte dal cambiamento tecnologico, come risulta in modo chiaro dall'evidenza empirica, contrastano con l'assunzione della piena e regolare esogeneità delle scoperte scientifiche e delle innovazioni tecnologiche, proposta dalla metafora della manna. La distribuzione della manna all'interno del sistema economico sembra molto più complessa e in ogni caso non uniforme. La comparsa di nuove opportunità tecnologiche e la portata e l'estensione di nuovi filoni di conoscenza tecnologica sono visti sempre più come i fattori che influenzano le capacità innovative del sistema.

L'ipotesi classica sull'introduzione del cambiamento tecnologico in risposta a cambiamenti nei prezzi dei fattori riceve nuova attenzione. Il cambiamento tecnologico è visto come una scelta di sostituzione particolarmente incisiva. Le imprese sono indotte a cambiare non solo le tecniche, ma anche e soprattutto le tecnologie, da cambiamenti nei prezzi dei fattori produttivi, i quali alterano significativamente le caratteristiche basilari del processo produttivo. Il cambiamento tecnologico è ora visto, in parte, come il risultato di cambiamenti nelle relazioni verticali tra le imprese e le industrie, nei mercati dei beni intermedi. Tutti i cambiamenti nel mix dei fattori produttivi, determinati da rilevanti variazioni dei loro prezzi, possono provocare l'introduzione di nuove tecnologie (Binswanger e Ruttan 1978).

Parallelamente, un importante contributo verso una spiegazione endogena del cambiamento tecnologico proviene dagli studi macroeconomici che fanno capo a Kaldor e alla letteratura post-kaldoriana. Gli effetti della crescita della domanda sull'introduzione di nuove tecnologie sono rilevanti per spiegarne sia la diffusione sia la generazione. Le innovazioni tecnologiche incorporate possono essere adottate solo in presenza di cospicui investimenti. Mentre gli investimenti di sostituzione dei macchinari possono essere rimandati in presenza di costi ammortizzati, gli investimenti mirati a espandere la capacità produttiva possono rapidamente incorporare nuove tecnologie (Salter 1960). Ulteriori prove sono fornite dai ra-

pidi flussi innovativi che caratterizzano i settori in cui la crescita della domanda è più alta. Questo approccio suggerisce che il sistema economico sia in grado di condizionare, attraverso il meccanismo delle aspettative, l'attività scientifica e di stimolarne le applicazioni negli ambiti tecnologici e nei settori industriali in cui le aspettative sulla crescita della domanda, gli investimenti e di conseguenza i profitti sono maggiori (Schmookler 1966).

Nonostante la generazione di nuova conoscenza rimanga un fattore esogeno, la sua effettiva applicazione in innovazioni tecnologiche assume forti connotazioni endogene. La metafora della manna si è dimostrata utile come strumento speculativo, ma lascia progressivamente spazio a concetti economici più articolati, che sottolineano gli effetti asimmetrici dell'impatto dell'introduzione esogena di nuove tecnologie.

Sebbene il cambiamento tecnologico sia in parte provocato da forze di mercato – date le debite ed esogene opportunità tecnologiche – il rompicapo iniziale, costituito dalla crescita della produttività totale dei fattori, non può essere risolto. In un mondo di razionalità olimpica, gli agenti non-miopi dovrebbero essere pienamente consapevoli dei possibili effetti delle nuove tecnologie, e di conseguenza dovrebbero ricercarle anche in assenza di qualsiasi pressione esercitata da cambiamenti nei prezzi dei fattori o dallo stimolo della domanda.

Quando si assume una prospettiva internazionale, i limiti dell'approccio esogeno nel tentativo di comprendere le origini del cambiamento tecnologico diventano ancora più chiari: le nazioni si distinguono ampiamente tra loro non solo in relazione all'abilità di trarre vantaggio dalle nuove tecnologie, ma anche in base alla capacità di innovare. Il tentativo di capire perché il cambiamento tecnologico si presenti in modo diverso tra le diverse nazioni nonché al loro interno, per non dire tra industrie diverse e tra imprese all'interno della stessa industria, spinge in avanti l'impiego, per la prima volta, di metafore che hanno origine nella disciplina biologica.

1.2.3. Innovazione e forme di mercato

L'atmosfera intellettuale di Harvard, a cavallo tra la fine degli anni quaranta e gli anni cinquanta, offre un ambiente particolarmente

te favorevole ai primi tentativi di ricondurre l'analisi del cambiamento tecnologico nell'ambito di una spiegazione causale compiutamente economica e come tale necessariamente endogena. Tre importanti fili si annodano in un primo approccio endogeno all'economia dell'innovazione. La tradizione analitica di Edwin Chamberlin e l'estensione progressiva del concetto di concorrenza monopolistica costituiscono il primo tassello. Le imprese sono impegnate in una rivalità monopolistica volta a rafforzare la propria domanda particolare e ad allargare quindi le proprie quote di mercato. L'introduzione di innovazioni di prodotto è uno strumento fondamentale, non meno della pubblicità, nel più generale ambito delle strategie di differenziazione del prodotto. Le imprese finanziano attività di ricerca e sviluppo per introdurre nuovi prodotti e con questi strappare consumatori alle imprese rivali e riaffermare la propria superiorità nei confronti dei consumatori già fedeli.

L'analisi del secondo Schumpeter contribuisce a rafforzare questo approccio. Con un notevole cambiamento di impostazione Schumpeter, con *Capitalismo, socialismo e democrazia* rovescia il sistema di ipotesi che era stato posto a fondamento della sua «Teoria dello sviluppo». Le innovazioni non sono introdotte nel sistema da nuovi imprenditori, ma al contrario, sono il risultato della capacità della grande impresa di organizzare in modo sistematico e moderno la produzione di conoscenza scientifica e tecnologica. La grande impresa schumpeteriana è il nuovo motore dello sviluppo. La posizione dominante della grande impresa, del resto, è fonte di extraprofitti e quindi opportunità di autofinanziamento della ricerca, elemento di difesa contro i rischi di imitazione incontrollata e quindi di difesa contro i rischi di inappropriabilità. La sua grande dimensione inoltre offre l'opportunità di applicazioni, anche diverse da quelle progettate al tempo dell'avvio dei programmi di ricerca, dei risultati inattesi, favorendo i processi di diversificazione oltre che di differenziazione dei prodotti.

Il terzo fondamentale contributo proviene dallo strutturalismo. Nel corso degli anni cinquanta viene elaborata ad Harvard da Mason e Bain il modello «struttura-condotta-performance». I livelli di concentrazione delle imprese in una data industria e l'altezza delle barriere all'entrata definiscono le condizioni strutturali. Per date condizioni strutturali le imprese hanno la possibilità di selezionare

delle condotte e quindi fissare livelli di prezzi e di quantità dei prodotti e soprattutto definire le loro strategie di crescita, interna o esterna, per diversificazione o espansione multinazionale, integrazione verticale o crescita multiregionale. Le performance delle imprese saranno il risultato delle loro condotte, scelte in un contesto caratterizzato dalla struttura dell'industria di partenza (Sylos Labini 1956; 1984).

L'innesto dell'analisi di concorrenza monopolistica e soprattutto l'ipotesi neoschumpeteriana sul modello «struttura-condotta-performance» producono un contesto analitico fertile.

La capacità innovativa appare sempre più significativamente determinata dalle forme di mercato e dal tipo di rivalità che si stabilisce tra le imprese e in particolare dagli elementi strutturali del sistema e dalle conseguenti scelte delle imprese in termini di condotte strategiche.

In particolare si coagula un consenso, convalidato da una vasta evidenza empirica di tipo settoriale e a livello di impresa, per cui la forma di mercato più fertile è l'oligopolio caratterizzato da elevati livelli di rivalità, basata sulla differenziazione del prodotto, e quindi con scarsi livelli di collusione, in cui i giocatori non sono oggettivamente in grado di prevedere le mosse dei rivali. Al contrario, il monopolio soffrirebbe di livelli inadeguati di incentivo all'introduzione di innovazioni. All'estremo opposto, anche la concorrenza perfetta non rappresenterebbe l'ambiente ideale: nessuna piccola impresa sarebbe in grado di finanziare un'attività rischiosa come la ricerca, né potrebbe appropriarsi dei benefici della stessa a causa dell'immediata imitazione da parte dei rivali (Scherer 1984; 1992; 1999).

La contrapposizione tra efficienza statica ed efficienza dinamica trova qui il suo fondamento.

Lo strutturalismo continua a esercitare il suo richiamo e conferma una notevole capacità euristica, soprattutto laddove siano tenute presenti le condizioni macroeconomiche di crescita del sistema nel suo complesso e la scatola nera della tecnologia sia esplorata al di là delle semplificazioni circa il rapporto tra ricerca e sviluppo e innovazione.

L'approccio strutturalista e l'ipotesi schumpeteriana vengono contrastati efficacemente dal fondamentale modello di Kenneth Arrow (1962a) che con semplicità ed eleganza dimostra come gli in-

centivi a innovare siano di gran lunga superiori in condizioni di concorrenza perfetta, anziché in condizioni di monopolio. L'evidenza empirica circa il persistente ruolo determinante delle piccole imprese e in particolare delle imprese giovani nella messa a punto di nuove tecnologie e di innovazioni radicali in particolare, su un altro piano, contribuisce a ridurre il consenso sul modello schumpeteriano.

Questa contrapposizione circa il ruolo delle forme di mercato spinge il dibattito verso nuovi modelli interpretativi e in particolare consiglia un'analisi dei caratteri economici dell'innovazione tecnologica.

Gran parte del cammino teorico condotto in seguito può essere rappresentato come un tentativo di valorizzare le caratteristiche intrinseche delle tecnologie esaminate, dei caratteri propri della conoscenza tecnologica e del suo rapporto con l'introduzione di innovazioni e, più in generale, di rappresentare a livello di sistema le cause e le conseguenze di una forma di concorrenza dinamica in cui le imprese non si limitano ad aggiustare quantità e prezzi, ma sono in grado di cambiare la tecnologia.

1.2.4. Innessi biologici: diffusione epidemica e cicli di vita

La biologia ha fornito importanti suggerimenti e stimoli alla prima economia dell'innovazione. L'identificazione e l'analisi di regolarità ricorrenti dopo l'introduzione di innovazioni tecnologiche offrono numerose prove empiriche, a partire dalle quali alcune categorie analitiche prese dalla biologia forniscono opportunità interpretative molto significative.

Un primo importante gruppo di programmi di ricerca, ispirato a modelli biologici, è quello dell'analisi del ritardo con cui alcune date innovazioni tecnologiche vengono adottate. L'economia della diffusione delle nuove tecnologie è concepita come lo studio dei fattori che spiegano la distribuzione, nel corso del tempo, dell'adozione di ben identificate innovazioni, che si rivelano di successo. Una nuova tecnologia viene introdotta dopo una scoperta scientifica, e tuttavia richiede tempo per essere adottata dai potenziali utilizzatori. La fortunata e sempre più ampia applicazione della metodologia epidemiologica emerge in questo contesto (Griliches 1957).

La diffusione, come il contagio, accade in una popolazione di agenti eterogenei che si distinguono principalmente in termini di costi di informazione. Le scoperte scientifiche, e in seguito le innovazioni tecnologiche, cadono «come manna» dal cielo, ma hanno effetti asimmetrici in termini di tempi necessari all'adozione. All'interno dello stesso contesto – rispettivamente la stessa industria, la stessa regione, lo stesso paese – alcune imprese riescono a adottare un'innovazione più in fretta di altre. Alcune innovazioni si diffondono più velocemente di altre. Quindi, i ritardi nell'adottare le stesse innovazioni sono maggiori in alcune industrie, regioni e paesi che in altri (Stoneman 1976; 1983; 1987).

La distribuzione temporale delle adozioni può essere considerata il risultato di una diffusione contagiosa delle informazioni circa la remuneratività della nuova tecnologia. La vicinanza geografica, industriale e tecnica conta qui in modo particolare, in quanto fornisce ai potenziali utilizzatori, anche a quelli riluttanti, scettici e poco propensi al rischio, l'opportunità di valutare l'effettiva convenienza della nuova tecnologia, e quindi di adottarla. L'innesto dell'analisi epidemica nell'economia dell'innovazione può aver luogo quando il contagio viene equiparato alla propagazione delle informazioni. In questo contesto, quindi, vengono poste le basi necessarie per comprendere i limiti e gli ostacoli alla perfetta conoscenza, sollevati dalla caratteristica complessità delle informazioni sulle nuove tecnologie. Si dà anche rilievo alle difficili condizioni necessarie perché la razionalità olimpica si applichi: è chiaramente un contesto in cui nuovi processi e prodotti sono stati introdotti e in cui il paniere di beni, su cui gli agenti dovrebbero esprimere continue valutazioni comparative, cambia continuamente.

Parallelamente, l'analisi della diffusione si trova di fronte a cambiamenti significativi, quando tale analisi, dal lato della domanda, viene estesa e applicata alla diffusione dal lato dell'offerta, e quando si considerino anche gli effetti delle interazioni. Metcalfe (1981) fornisce un innovativo contesto di analisi in cui i cambiamenti, sia nella domanda, sia nell'offerta, spiegano la distribuzione delle adozioni nel corso del tempo. Metcalfe reintroduce le leggi elementari dell'economia nel contesto dell'approccio epidemico e mostra l'importanza della loro relazione dinamica.

Il secondo rilevante contributo della biologia all'economia del-

l'innovazione è costituito dalla metafora del ciclo di vita. Fin dall'impianto delineato da Alfred Marshall, la metafora del ciclo di vita ha aleggiato sulla teoria dell'impresa. Quando la sequenza di nascita, adolescenza, maturità e obsolescenza viene utilizzata per descrivere le diverse fasi della vita di un nuovo prodotto, invece di quelle di un'impresa, ha luogo un importante slittamento teorico. Dopo l'introduzione, la vita del nuovo prodotto è caratterizzata da una serie di eventi sistematici. In accordo con l'approccio del ciclo di vita del prodotto, un andamento ricorrente può essere identificato nella tipologia delle innovazioni che vengono introdotte, riguardo all'evoluzione della domanda, alle dinamiche industriali e alle caratteristiche della crescita dell'impresa

Emergono, qui, una distinzione tra le innovazioni maggiori e quelle minori, e una sequenza tra l'introduzione di un'innovazione di ampia portata e una moltitudine di innovazioni minori e incrementali che scaturiscono da essa. In secondo luogo, è possibile identificare anche una sequenza tra le innovazioni di prodotto e quelle di processo. In seguito all'introduzione di un nuovo prodotto, vengono compiute ricerche finalizzate a migliorare il processo di produzione (Abernathy e Utterback 1978; Utterback 1994).

I prodotti innovativi che si affermano vengono infine imitati da altre imprese. Le molteplici innovazioni incrementali di minore portata sono anche e soprattutto il risultato dell'entrata sul mercato di nuovi concorrenti imitatori, resa possibile dalla differenziazione del prodotto. È facilmente riconoscibile una sequenza tra monopoli iniziali, oligopoli di lunga durata e infine mercati in concorrenza monopolistica. Gli extraprofitti diminuiscono con l'entrata di concorrenti imitatori. Tuttavia, la domanda aumenta a causa della diffusione epidemica delle informazioni circa la qualità e le prestazioni del nuovo prodotto. Lo spostamento epidemico delle curve di domanda viene ulteriormente potenziato dallo spostamento delle curve di offerta, generato dagli alti tassi di entrata. Le imprese già presenti sul mercato riescono ad avvantaggiarsi del rapido incremento della domanda e crescono più velocemente delle imprese appena entrate. L'analisi dell'interazione tra la diffusione dal lato della domanda e l'imitazione dal lato dell'offerta rimane un'importante pietra angolare nell'approccio del ciclo di vita del prodotto.

Specialmente quando le economie di scala sono rilevanti, le im-

prese presenti sul mercato possono trarre vantaggio dalle barriere all'entrata. L'introduzione di innovazioni di processo, in seguito a innovazioni di prodotto, avviene spesso in questa fase, in cui le imprese cercano di reagire all'entrata di nuovi concorrenti imitatori. Per la prima volta entra in gioco un importante elemento di intenzionalità e di causalità (Scherer 1984; 1992).

Le caratteristiche dei tempi di entrata delle imprese e quindi dell'evoluzione della demografia industriale, della concentrazione, dei margini di profitto e dei tassi di crescita sia delle imprese, sia delle industrie, già acquisiti con l'analisi dei rapporti tra struttura, condotte e performance, possono essere analizzati, in chiave più compiutamente dinamica, secondo l'approccio del ciclo di vita del prodotto: regolarità significative possono essere rilevate e collocate in un contesto coerente e dinamico.

In questo contesto, l'analisi del ruolo delle piccole imprese nel processo innovativo rappresenta un elemento fondamentale. Sull'argomento, due diverse prospettive si contrappongono nel dibattito. La prima si ricollega direttamente alla cosiddetta ipotesi schumpeteriana, articolata in *Capitalismo, socialismo e democrazia*, e sostiene l'idea che le imprese di ampia dimensione siano necessarie perché il progresso tecnologico abbia luogo a un ritmo sostenuto. La seconda prospettiva, invece, esalta il ruolo delle nuove imprese come vettori delle nuove tecnologie e suggerisce che soltanto alti livelli di natalità possono sostenere alti tassi di cambiamento tecnologico. Numerose ricerche empiriche sono state condotte per verificare entrambe le tesi, ed è stato in fine riconosciuto il ruolo dell'età, all'interno del ciclo di vita del prodotto, come fattore in grado di delineare la complementarità tra le piccole e le grandi imprese (Acs e Audretsch 1990; Audretsch 1995; Audretsch e Klepper 2000).

A livello dell'impresa, l'approccio del ciclo di vita del prodotto fornisce una teoria della crescita in termini di diversificazione dei prodotti e di specializzazione nazionale. Infatti, rende possibile identificare una sequenza nell'introduzione di innovazioni complementari, quando si considerino la prossimità tecnica e commerciale tra le innovazioni diffuse una dopo l'altra. In questo caso le imprese possono evitare il declino associato all'obsolescenza di un prodotto attraverso l'introduzione di un nuovo prodotto. Anche la crescita delle imprese a livello internazionale è il risultato del ciclo

di vita del prodotto. Le imprese diventano multinazionali quando cercano di riprodurre in diversi paesi, ordinati lungo intervalli sequenziali, in termini di ricavi e di caratteristiche della domanda, i vantaggi monopolistici associati all'introduzione di un'innovazione di prodotto in ciascun nuovo paese.

Sono state sviluppate, a partire da questo contesto, rilevanti implicazioni per l'economia internazionale, soprattutto con riferimento al puzzle del commercio orizzontale. Nel primo stadio del ciclo di vita del prodotto, i nuovi beni vengono prodotti e consumati nel paese di origine. In un secondo tempo iniziano le esportazioni. Dopo aver raggiunto la maturità, e in seguito alla crescita multinazionale dell'impresa, i prodotti sono fabbricati e consumati all'estero, nei paesi destinatari degli investimenti diretti al di fuori del paese d'origine. Gli investimenti diretti all'estero sostituiscono le esportazioni. Nell'ultimo stadio, quello dell'obsolescenza del prodotto, hanno luogo flussi di esportazione dai paesi ospiti al paese di origine. Gli investimenti diretti all'estero e le importazioni sono complementari.

L'utilizzo dello spunto fornito dalla biologia ha permesso importanti progressi. La comprensione del carattere genuinamente sequenziale del cambiamento tecnologico e delle condizioni al di fuori dell'equilibrio, sia dal lato della domanda sia da quello dell'offerta, a partire dalle quali prende piede l'innovazione, ha chiaramente beneficiato dei suggerimenti della disciplina biologica. Tale analisi, tuttavia, presenta un carattere intrinsecamente descrittivo e il risultato principale a cui porta è l'identificazione delle tassonomie e delle classificazioni degli eventi in sequenza (Pavitt 1984).

Lo studio della diffusione dei nuovi prodotti dal lato della domanda e delle dinamiche industriali dal lato dell'offerta, sviluppato in questo contesto, mantiene le caratteristiche basilari di un'analisi in cui si considera un processo di aggiustamento in seguito a uno shock esogeno. L'introduzione di un nuovo prodotto e la generazione di nuove tecnologie restano al di fuori della portata e degli obiettivi dell'analisi. In ogni caso, i loro effetti sono ora meglio conosciuti: le condizioni di equilibrio del sistema vengono perturbate, ma una volta raggiunto lo stadio di obsolescenza del prodotto (quando la diffusione abbia raggiunto la saturazione e vi siano ormai, dal lato dell'offerta, concorrenza perfetta, e dal lato della do-

manda, conoscenza perfetta della qualità del prodotto) le condizioni iniziali vengono ripristinate.

1.2.5. Traiettorie e sentieri tecnologici

Tre importanti contributi, tratti direttamente dalla filosofia della scienza e dalla prima scienza cognitiva, caratterizzano la comparsa delle traiettorie tecnologiche come nuova metafora euristica e nuovo ordine del giorno della ricerca. La distinzione introdotta da Polanyi (1958; 1966) tra conoscenza tacita e codificata, l'analisi dei limiti della razionalità olimpica articolata da Simon (1947; 1969) e infine la comparsa della nozione di apprendimento nella comprensione degli economisti delle caratteristiche dell'uomo economico e dell'impresa (Penrose 1959; Arrow 1962a) possono essere considerati le pietre miliari.

Secondo l'analisi rivoluzionaria di Polanyi, gli agenti economici spesso sanno più di quanto siano in grado di esprimere in modo codificato ed esplicito. La conoscenza tacita è incastonata in procedure idiosincratiche e nelle abitudini acquisite ed elaborate da ciascun agente. Essa può essere 'tradotta' e 'articolata' in conoscenza codificata soltanto attraverso sforzi sistematici ed espliciti.

Parallelamente, Simon introduce il concetto di razionalità limitata ed elabora la distinzione tra razionalità sostanziale e procedurale. Gli agenti non possono raggiungere il livello della razionalità sostanziale a causa delle troppo onerose e svariate attività necessarie a raccogliere e ad esaminare tutte le informazioni rilevanti. Gli agenti possono elaborare alcune procedure per valutare, per ogni istante e in ogni luogo, le possibili conseguenze del loro comportamento, ma soltanto all'interno dei confini stabiliti da una razionalità limitata. Per fronteggiare i vincoli della razionalità limitata, gli agenti stabiliscono delle procedure routinarie che rendono possibile risparmiare sui costi di informazione e che si fondano su criteri di scelta soddisfacenti, anziché massimizzanti.

Il terzo contributo chiave della nuova corrente di pensiero è il concetto di apprendimento. Gli agenti, nello specifico le imprese, sono caratterizzati da razionalità limitata e da conoscenza imperfetta: non sono in grado di articolare completamente la loro conoscenza, ma gli agenti, come le imprese, possono imparare. L'apprendi-

mento è il risultato di azioni ripetute nel corso del tempo seguite da un'attività riflessiva. L'apprendimento è caratterizzato da alti livelli di cumulabilità e, in quanto tale, comporta rendimenti crescenti dinamici laddove la riduzione dei costi sia associata alla durata dei processi piuttosto che alle mere dimensioni del processo produttivo. L'apprendimento è inoltre positivamente influenzato dai feedback: l'apprendimento diventa più facile ed efficace quando comporta risultati positivi. Infine, l'apprendimento all'interno di un'organizzazione e l'apprendimento individuale presentano caratteristiche diverse. L'apprendimento all'interno delle organizzazioni ha effetti, sia per la disciplina teorica, sia per l'economia vera e propria, molto più rilevanti di quelli relativi all'apprendimento individuale (Penrose 1959; Arrow 1962a; Elster 1983; Dosi 1988; Malerba 1992).

Alcune nuove tecnologie possono essere messe a punto a partire da tali processi di apprendimento, e in particolare dagli sforzi di tradurre conoscenza tacita in procedure che possano essere condivise e trasferite. Viene così acquisita un'accezione «dalla pratica alla teoria» del processo di scoperta che completa il tradizionale approccio «dalla teoria alla pratica» allo studio delle origini delle innovazioni tecnologiche (Kline e Rosenberg 1986).

Fin dai primi anni ottanta, alla metafora della manna è stata opposta quella delle traiettorie. Quest'ultima è stata elaborata e introdotta, per la prima volta, da Nelson e Winter (1982). Per prima cosa, si assume la distinzione tra conoscenza tecnologica e scientifica e si enfatizzano i differenti ritmi di evoluzione dei due tipi di conoscenza. La metafora delle traiettorie, in secondo luogo, sottolinea quali elementi contribuiscano al processo di accumulazione della conoscenza tecnologica, lungo assi di evoluzione sia tecnica, sia comportamentale. Il traino da parte della domanda e la spinta della tecnologia sono i due motori guida che si alimentano a vicenda, lungo tali ben definite sequenze di innovazioni tecnologiche (traiettorie). Infine, cosa più importante, partendo da Simon e Polanyi, Nelson e Winter elaborano la nozione di ricerca locale: le imprese cercano nuove tecnologie all'interno di uno spazio definito in termini di vicinanza tecnica alle procedure già in uso.

La nozione di traiettorie tecnologiche viene formulata a partire dalle conquiste ottenute grazie all'approccio del ciclo di vita del prodotto, e costituisce una fonte di nuove ricerche accumulabili per

la disciplina. Il contributo di Rosenberg all'analisi del cambiamento tecnologico è rappresentato dalla nozione di convergenza tecnologica, che pone l'accento sull'intreccio dinamico delle tecnologie e sul carattere fertile di tali scambi. L'introduzione di tecnologie chiave può dare il via a una gamma di innovazioni derivate, basate sul cambiamento tecnologico incrementale (Rosenberg 1976; 1982). Il ruolo dell'apprendimento come principale fattore dinamico nell'accumulazione di conoscenza tacita, e infine di know-how tecnologico, viene ora rivalutato e apprezzato (Arrow 1962a). L'intrinseca cumulabilità del cambiamento tecnologico lungo le traiettorie è di per sé l'acquisizione più importante (Dosi 1982). Gli innovatori presenti sul mercato possono avvantaggiarsi delle innovazioni precedenti in diversi modi: vantaggi competitivi già acquisiti rendono possibile sostenere nuove ricerche; le competenze e le conoscenze tecnologiche acquisite sono input importanti per ulteriori innovazioni; le barriere all'entrata costituite dalle quote di mercato e dalle dimensioni delle imprese ritardano l'imitazione; il progresso tecnologico alimenta la diversificazione e l'entrata in nuove industrie.

Un elemento importante della metafora delle traiettorie è certamente il contributo apportato da Kuhn, con la distinzione tra scienza normale e cambiamento paradigmatico. In questa prospettiva, le traiettorie appaiono come un'accezione, e un'applicazione, dell'idea che la scienza normale si muova lungo binari predeterminati, finché non abbia esaurito il proprio potenziale euristico. In tali circostanze, si presentano le condizioni per una soluzione di continuità, sarebbe a dire, un cambiamento paradigmatico. Drastici cambiamenti nell'assetto del mercato e nelle tecnologie potrebbero spingere le imprese a cambiare le proprie procedure ordinarie e a introdurre cambiamenti tecnologici radicali. Dosi (1982; 1988) riporta all'analisi delle traiettorie la nozione dello spostamento paradigmatico. Le crisi paradigmatiche si presentano come fattori di discontinuità. Si generano nuove traiettorie mentre quelle vecchie declinano. L'origine di questi cambiamenti, tuttavia, rimane non chiarita, eccetto per quel che riguarda i riferimenti impliciti alla nozione di opportunità tecnologiche e del loro finale esaurimento. L'origine ultima del cambiamento tecnologico resta esogena e si connota ora in modo fortemente deterministico.

In tale contesto, tuttavia, importanti contributi pervengono dal-

l'analisi degli effetti della cumulabilità e dal carattere tacito del cambiamento tecnologico. Le traiettorie sono applicate per capire le dinamiche dell'innovazione, sia in relazione alla sequenza di ben definite tecnologie, sia in relazione alla sequenza di innovazioni introdotte da ben identificate imprese nonché sistemi economici, come regioni, industrie e persino paesi.

L'analisi delle traiettorie appare particolarmente promettente a livello di imprese e nello studio del processo competitivo. Gli agenti innovatori entrati sul mercato per primi possono ora beneficiare di vantaggi competitivi notevoli e costruire barriere all'entrata basate sulle loro conoscenze tecnologiche. Un'importante implicazione della distinzione tra conoscenza tacita e codificata consiste nell'aumento dell'appropriabilità naturale della conoscenza tecnologica imperfettamente codificata.

Le numerose definizioni nell'analisi del processo innovativo, lo sforzo di integrare lo studio delle strategie innovative con quello del comportamento delle imprese in un mercato caratterizzato da competizione monopolistica transitoria, e soprattutto l'enfasi posta sui processi di apprendimento e sull'accumulazione di conoscenza tecnologica e di competenza economica, restano acquisizioni importanti, forse indispensabili per l'economia dell'innovazione e delle nuove tecnologie. Questa comprensione dettagliata delle dinamiche del cambiamento tecnologico fornisce un contesto in cui risulta chiaro che le origini dell'innovazione non possono essere ridotte al mero risultato delle attività di ricerca e di sviluppo. Tale risultato contraddice l'enfasi posta sull'analisi del ruolo della rivalità oligopolistica come meccanismo chiave di induzione dell'introduzione di nuove tecnologie. La rivalità oligopolistica, infatti, può offrire un contesto analitico per identificare la quantità di spese di ricerca e sviluppo al livello di equilibrio, ma viene meno nella comprensione del modo in cui la ricerca si traduca in innovazione, e di conseguenza la produttività totale dei fattori cresca (Dasgupta e Stiglitz 1980).

La metafora delle traiettorie sembra essere un campo di studi, particolarmente fertile, del comportamento delle imprese di grandi dimensioni, protagoniste nella crescita e nelle strategie innovative di tipo incrementale, in mercati caratterizzati da rivalità oligopolistiche e da alti livelli di differenziazione del prodotto. Nella letteratura analizzata, l'impresa di grandi dimensioni acquista un ruolo

centrale e appare come il più importante, se non l'unico, luogo di accumulazione della conoscenza tecnologica 'vischiosa' (perché incastrata nelle strutture organizzative e nelle procedure) e quindi l'agente privilegiato capace di generare progresso tecnologico (Penrose 1959; Pavitt, Robson e Townsend 1989; Pavitt 2000).

La nozione biologica di processo selettivo aiuta a cogliere le caratteristiche di sequenzialità delle dinamiche industriali lungo le traiettorie. In questo contesto, a fianco della tradizionale sequenza tra monopolio, oligopolio e infine concorrenza monopolistica, può essere identificato un percorso alternativo, quando si introduca il concetto di disegno dominante (dominant design). In seguito all'introduzione di una serie di tecnologie rivali da parte di diverse imprese concorrenti, ha luogo un processo tipicamente darwiniano che seleziona poche imprese-guida, capaci di sviluppare il disegno dominante (Malerba 1996). Alla fine del processo di selezione, vi è la comparsa di rendite monopolistiche che possono perdurare nel tempo. L'aggiustamento allo shock esogeno dell'introduzione di una nuova tecnologia – come suggerito dall'approccio del ciclo di vita del prodotto – non ha mai luogo, e il sistema rimane in condizioni di non equilibrio.

Un importante contributo a questo contesto d'analisi è offerto dall'applicazione sistematica dei modelli biologici di preda-predatore, generalizzati con l'equazione di Volterra nel modello del replicatore, condotta da Metcalfe (1997). Metcalfe ha mostrato la fertilità del replicatore, una metodologia originariamente concepita in biologia per analizzare le dinamiche delle specie, e comprenderne i processi competitivi. Metcalfe utilizza l'analisi del replicatore per mostrare come gli innovatori guadagnino extraprofiti, sostengano la propria crescita e acquistino quote di mercato sempre più ampie. L'analisi della diffusione dell'innovazione si intreccia allo studio del meccanismo selettivo sul mercato. Le imprese che sono state capaci di introdurre nuove tecnologie sono anche in grado di aumentare il loro tasso di crescita e ampliare le loro quote di mercato.

La ricerca empirica permette di identificare diverse traiettorie. La varietà di traiettorie esistenti costituisce un serio limite per il loro potenziale euristico. Quando si identificano diverse traiettorie relative a diverse tecnologie e imprese, sorgono le seguenti fondamentali questioni: perché alcune traiettorie siano più ripide di altre;

perché alcune siano più lunghe di altre; perché alcune imprese non riescano a innovare; perché alcune industrie siano meno abili di altre nel tracciare le proprie traiettorie. Studi comparati tra imprese e industrie poste di fronte a tecnologie simili rivelano i limiti delle traiettorie nello spiegare i casi di fallimento. L'accordo sulla metafora delle traiettorie sparisce rapidamente quando ne viene completamente rivelata l'inclinazione fortemente deterministica. Tale metafora delle traiettorie sembra riportare a galla la vecchia tentazione di utilizzare un determinismo tecnologico ad-hoc per spiegare i cambiamenti sociali ed economici come un processo di allineamento ai cambiamenti dettati dalla tecnologia (Misa 1995).

La nozione di razionalità limitata introdotta da Herbert Simon rappresenta un contributo fondamentale per l'economia dell'innovazione. La razionalità olimpica si trova all'estremo opposto rispetto a un contesto caratterizzato dall'incertezza radicale, in cui nessuno conosce realmente i potenziali risultati di un progetto di ricerca, e può prevedere in misura ancora minore le direzioni future di un cambiamento tecnologico che sia stato introdotto. È un dato di fatto che i concetti di prezzi futuri e mercati futuri non possano nemmeno essere presi in considerazione quando si tenga conto del cambiamento tecnologico. L'applicazione del concetto di razionalità limitata all'economia dell'innovazione conduce a una nuova visione del processo che induce l'innovazione. Le imprese innovano quando devono affrontare situazioni diverse rispetto allo stato di cose che si aspettavano, in seguito a cambiamenti sui mercati sia dei fattori, sia dei prodotti. L'innovazione è indotta dall'intreccio tra eventi inaspettati, che gli agenti, miopi, non possono mai prevedere completamente, e la necessità di prendere in ciascun momento alcune irreversibili decisioni. In tale contesto, l'introduzione di innovazioni e di nuove tecnologie è il risultato di una ricerca localizzata, vincolata dai limiti dell'impresa nell'esplorare un'ampia gamma di opzioni tecnologiche. La razionalità procedurale spinge le imprese a limitare la ricerca di nuove tecnologie tra quelle compatibili nelle vicinanze delle tecniche già in uso, in relazione alle quali i processi di apprendimento legati al fare e all'usare hanno aumentato il bagaglio di competenze e di conoscenza tacita (David 1975; Antonelli 1995).

Il lavoro empirico condotto secondo la metafora delle traiettorie conduce a concetti economici meglio articolati. In tale contesto, ca-

ratterizzato dal declino del potenziale euristico della nozione di traiettorie, raccoglie sempre maggiore attenzione il ruolo del tempo storico. I riscontri forniti dagli storici dell'economia e da quelli della tecnologia chiariscono il ruolo chiave della cumulabilità tecnologica e dell'irreversibilità, nonché dell'apprendimento localizzato e delle esternalità locali.

Il concetto di «cambiamento tecnologico localizzato», introdotto per la prima volta nel 1969 da Atkinson e Stiglitz, e quello di «path-dependence», introdotto da David (1975; 1985; 1987; 1997a), ricevono ora nuova attenzione. Il cambiamento tecnologico viene introdotto a livello locale dalle imprese in grado di riconoscere il carattere specifico delle tecniche esistenti, e di incrementarne le potenzialità tramite l'apprendimento. I sentieri tecnologici si manifestano come corridoi, percorrendo i quali le imprese sono capaci di innovare e aumentare la produttività totale dei fattori rimanendo in uno spazio tecnico limitato, così da mantenere il mix fattoriale originario. La nozione di sentiero tecnologico sostituisce quella di traiettoria come nuova metafora euristica, e prepara il terreno per numerose applicazioni (Antonelli 1995; 1999; 2001b; 2003a).

A livello microeconomico, il tasso e la direzione del cambiamento tecnologico possono ora essere visti come il risultato endogeno di una sequenza innovativa di reazioni, indotte dall'interazione tra l'irreversibilità dello stock di capitale delle imprese e il disequilibrio sui mercati dei fattori e dei prodotti, il quale non poteva essere previsto a causa della miopia degli agenti (le imprese). Si può pensare che lo stock di capitale irreversibile sia costituito dal capitale materiale fisso e dalle competenze e conoscenze tecnologiche in ben definiti e circoscritti settori tecnici. Il disequilibrio è rilevante in termini di variazioni sui mercati dei fattori e dei prodotti, in termini di prezzi, costi e livelli della domanda, in relazione alle aspettative e agli impegni già assunti in termini di costi affondati (sunk costs) e altri fattori di irreversibilità. Razionalità limitata e conoscenza imperfetta influenzano le scelte delle imprese, le quali sono incapaci di prevedere tutti i possibili eventi nel futuro, inclusi gli effetti dell'introduzione di innovazioni, e devono misurarsi con il continuo insorgere di nuovi eventi sui mercati sia dei fattori, sia dei prodotti.

Quando è in gioco l'irreversibilità, tutti i cambiamenti nella condotta degli affari correnti richiedono alcuni costi di aggiustamento

che devono essere spiegati. In questo approccio le imprese sono considerate come agenti il cui comportamento è vincolato dal carattere irreversibile e non malleabile di una sostanziosa parte del loro capitale, materiale e immateriale. Il comportamento delle imprese è condizionato soprattutto dalla razionalità limitata, che comporta forti limiti per la loro capacità di cercare ed elaborare informazioni sui mercati, sulle tecniche e sulle tecnologie. L'introduzione del cambiamento tecnologico è indotta dalla divergenza tra aspettative e fatti. Gli agenti, miopi, sono spinti a innovare e a introdurre cambiamenti tecnologici quando lo stato corrente degli affari si rivela inappropriato e accadono eventi inaspettati. Le imprese miopi diventano consapevoli dei costi della resistenza al cambiamento della tecnologia. I costi dell'inerzia tecnologica vengono quindi confrontati con quelli dell'innovazione (Antonelli 1999).

In questo contesto, tutti i cambiamenti nella domanda di mercato e nei prezzi relativi dei fattori di produzione vengono affrontati dalle imprese solo dopo aver dedicato parte delle risorse alla ricerca di un più conveniente assetto produttivo. Di conseguenza, in questa prospettiva, le imprese compiono scelte sequenziali e tuttavia miopi, reagendo a una successione di cambiamenti inaspettati nel loro ambiente d'affari, causati dall'introduzione di innovazione da altri agenti sia nei mercati dei fattori, sia in quelli dei prodotti.

Due concetti appaiono rilevanti in questo contesto: i costi di «sostituzione» (ovvero, in un'accezione più ampia, di passaggio a un diverso assetto produttivo in un ambito tecnologico dato) e la conoscenza localizzata. I costi di sostituzione diventano importanti quando, a causa dei limiti specifici imposti dalle caratteristiche del processo produttivo, le imprese trovano difficile cambiare i livelli di input superfixi che utilizzano normalmente. In queste circostanze, la teoria dei costi e della produzione di breve termine si applica a un intervallo più lungo di quello normalmente considerato. Il segmento crescente della curva standard dei costi medi di breve periodo definisce l'ammontare dei costi di sostituzione che le imprese, esposte a variazioni inaspettate nel loro processo produttivo, devono sostenere. Cambiamenti nel mix produttivo e nelle dimensioni dell'output espongono le imprese a una rilevante inefficienza «farrelliana» di prezzi e output, con un ripido declino nell'uso efficiente dei fattori produttivi.

Le imprese, miopi, sono dunque indotte ad affrontare le dinamiche della domanda e i prezzi dei fattori introducendo innovazioni tecnologiche e adattandosi alle fluttuazioni dei mercati, cercando comunque di mantenere, il più possibile, i precedenti livelli di input e quindi di cambiare localmente la tecnologia, compatibilmente con i costi relativi dell'introduzione di innovazioni.

L'introduzione di cambiamenti tecnologici infatti non è gratuita e tantomeno è il risultato di un processo autonomo. Richiede l'investimento intenzionale di risorse dedicate a condurre ricerche e attività di sviluppo, per acquisire conoscenza esterna e avvantaggiarsi delle nuove opportunità tecnologiche, per elaborare nuova conoscenza a partire dai processi taciti di apprendimento, per generare conoscenza localizzata. La conoscenza localizzata consiste infatti nell'accumulo dei benefici che derivano dall'esperienza e dall'apprendimento acquisito attraverso l'usare, il fare, l'interagire con i consumatori, l'acquistare (learning by-doing, by-using, by-selling, by purchasing). Le imprese sono in grado di far evolvere le tecnologie esistenti solo quando riescono a intrecciare la conoscenza generica, resa disponibile dalle nuove scoperte scientifiche e dagli spostamenti generali della frontiera scientifica, con il loro bagaglio tecnologico specifico. Dunque la conoscenza localizzata permette di trarre profitto dalla conoscenza generica unita al bagaglio tecnologico specifico acquisito utilizzando le tecniche correnti. Questa dinamica conduce le imprese a preferire di rimanere nell'ambito tecnico prossimo a quello originale e a continuare a migliorare la tecnologia in uso.

Le imprese, spinte a innovare dall'irreversibilità e dal disequilibrio sui mercati di prodotti e fattori, cercano nuove tecnologie localmente. La direzione del cambiamento tecnologico è influenzata dalla ricerca di nuove tecnologie che siano compatibili con quelle esistenti. Il tasso del cambiamento tecnologico, a sua volta, è influenzato dall'efficienza relativa della ricerca di nuove tecnologie. Questa dinamica conduce le imprese a preferire di rimanere nell'ambito tecnico prossimo a quello originale e a continuare a migliorare la tecnologia in uso. Tutto ciò è ancor più plausibile quando l'introduzione del cambiamento tecnologico è resa possibile dall'accumulazione di competenze e di conoscenza localizzata all'interno dell'impresa.

La nozione di dipendenza dal sentiero tecnologico imboccato (technological path-dependence) è il risultato della fusione tra l'approccio del cambiamento tecnologico localizzato e il concetto più ampio di dipendenza dalla strada prescelta (path-dependence). In questo approccio l'azione economica è, in ciascun passo, influenzata stocasticamente dal passato, ma non deterministicamente condizionata dagli eventi precedenti. Lungo un sentiero tecnologico, la probabilità dell'introduzione di ciascuna nuova tecnologia è influenzata dalle precedenti innovazioni, così come dalle competenze tecnologiche accumulate; tuttavia lo è anche dalla necessaria complementarità con altri fattori, come i livelli di irreversibilità dello stock di capitale fisso e le condizioni di accesso alle esternalità di conoscenza locali.

Emerge qui un'importante distinzione tra dipendenza dalle precedenti scelte a livello esterno e dipendenza a livello interno. La dipendenza interna ha luogo quando il percorso lungo il quale l'impresa si muove è determinata dall'irreversibilità dei suoi fattori produttivi. Quella esterna invece è determinata da condizioni esterne all'impresa, in particolare per quanto riguarda i mercati dei fattori e dei prodotti. Nel primo caso la scelta della nuova tecnologia è influenzata dai costi di cambiamento che le imprese devono affrontare quando cercano di variare i livelli dei propri input. Nel secondo caso, invece, la scelta della nuova tecnologia è delineata dalle condizioni dei mercati. La nozione originale di «path-dependence» nell'elaborazione di Paul David (1975) si riferisce, tuttavia, al primo caso: le imprese sono spinte a seguire un percorso di cambiamento tecnologico, piuttosto che un altro, dalle loro caratteristiche interne. La nozione di «path-dependence» elaborata da Brian Arthur (1989) e Paul David (1985) si riferisce chiaramente, invece, al secondo caso: le nuove tecnologie vengono scelte in base ai rendimenti crescenti che derivano dall'adozione a livello di sistema.

Le esternalità locali, distinte da quelle generali, rivestono un ruolo chiave in questo contesto. Sono rese disponibili agli innovatori dalla localizzazione in un ambiente regionale e industriale favorevole, caratterizzato da interazioni qualificate con altri innovatori, la cui attività è complementare, sia a valle, sia a monte del processo produttivo. La dipendenza dalle esternalità tecnologiche è così rafforzata dal ruolo delle complementarità e dell'interdipendenza nella gene-

razione di nuovo cambiamento tecnologico e nell'introduzione di nuove tecnologie. I rendimenti crescenti, basati sulle esternalità legate alla rete di relazioni dal lato dell'offerta, nella produzione di nuove tecnologie, si aggiungono a quelli derivanti dall'adozione, basati sulle esternalità legate alla rete di relazioni dal lato della domanda.

La nozione di path-dependence sembra riuscire meglio di quella di traiettoria a inquadrare i casi sia di successo, sia di fallimento, e a spiegare la varietà di esiti possibili. Il fragile mix di condizioni complementari e, tuttavia, necessarie che influenzano la transizione da ciascun passo a quello successivo, lungo il sentiero tecnologico, diventa fondamentale per capire l'effettiva sequenza degli eventi, nel valutare il tasso e la direzione del cambiamento tecnologico.

Un filo di collegamento molto forte unisce l'analisi sviluppata con i concetti di cambiamento tecnologico localizzato e di path-dependence: il cambiamento tecnologico accade in condizioni al di fuori dell'equilibrio, e dalle stesse viene accentuato. Da questo punto di vista, le traiettorie tecnologiche e in seguito i sentieri, rappresentano un progresso significativo rispetto all'approccio del ciclo di vita del prodotto. Infatti, in quest'ultimo, l'analisi si focalizzava sui processi di aggiustamento, scatenati in seguito a uno shock esogeno provocato dall'introduzione di un'innovazione, volti a ripristinare le iniziali condizioni di equilibrio. Nella nuova prospettiva, invece, l'innovazione viene introdotta come risposta a condizioni di disequilibrio del sistema, e conduce, a sua volta, a nuove condizioni di disequilibrio. Il cambiamento tecnologico è ora il risultato di condizioni di disequilibrio, e presenta poche possibilità di convergenza verso un nuovo equilibrio. In effetti, l'equilibrio e il cambiamento tecnologico si pongono come due estremi opposti: l'equilibrio è possibile se nessun cambiamento tecnologico viene introdotto, e viceversa. Il cambiamento tecnologico è possibile soltanto in condizioni di mercato molto lontane dall'equilibrio.

Non sembra fuori luogo sottolineare a questo proposito la distinzione tra modelli di path-dependence in cui il meccanismo centrale è affidato ai feedback positivi e modelli di path-dependence in cui il cambiamento tecnologico localizzato è al centro della scena. Nel primo caso, l'impianto analitico si compone di elementi di irreversibilità che caratterizzano le scelte e l'azione degli agenti e di feedback positivi che condizionano gli esiti delle azioni, con particolare

riferimento alla loro sequenzialità. Tipico è naturalmente l'esempio dell'adozione di una tecnologia che, a causa dei rendimenti crescenti di adozione, assume forti elementi di resilienza fino a determinare i noti effetti di «lock-in»¹. Nel secondo caso, invece, si assume che l'irreversibilità condizioni le scelte degli agenti. Si ritiene tuttavia che questi ultimi siano in grado di reagire creativamente e di introdurre innovazioni². La reazione creativa sarà tanto più fruttuosa quanto maggiori le esternalità tecnologiche disponibili nei dintorni tecnologici, istituzionali, professionali e geografico-territoriali. Le nuove tecnologie così messe a punto, tuttavia, saranno fortemente caratterizzate sia dagli elementi di irreversibilità presenti nelle singole imprese e nel sistema nel suo complesso, sia dal tipo di interdipendenze che si stabiliscono localmente tra gli innovatori. Il processo è fortemente «path-dependent», proprio nel senso che è condizionato dalla storia che si manifesta attraverso l'irreversibilità, e tuttavia è il risultato dell'azione creativa di una varietà di agenti, il cui ambito di innovazione è localmente vincolato (Antonelli 1995; 1999; 2001b; 2003a).

¹ Su questa base sono sviluppati i modelli di Arthur (1989; 1994) e David (1985; 1992; 1994).

² La nozione di reazione creativa si iscrive appieno nell'ambito della grande tradizione interpretativa sull'induzione del cambiamento tecnologico. Gli agenti sono indotti a introdurre delle innovazioni quando il contesto operativo in cui sono collocati subisce delle alterazioni impreviste (Ruttan 2001; Binswanger e Ruttan 1978). Tali alterazioni possono riguardare i mercati dei fattori e in particolare il costo del lavoro, come nella tradizione avviata dall'analisi marxiana e poi ripresa da Hicks: le imprese introducono innovazioni «capital-intensive» per limitare gli effetti dell'incremento dei salari. Lungo questa linea interpretativa, del resto, si colloca anche il modello di Ahmad (1966) che generalizza il meccanismo di induzione a tutte le variazioni dei prezzi dei fattori, comprendendo il capitale e i fattori produttivi intermedi, e Samuelson (1965), che dà rilievo alla composizione, per livello e non in termini dunque di tassi di incremento, del costo dei fattori. Anche le variazioni nei mercati dei prodotti, tuttavia, possono sollecitare l'introduzione di innovazioni, in particolare quando la crescita della domanda «spinge» l'introduzione di innovazioni (Schmookler 1966). L'introduzione di innovazioni può essere indotta dalla prospettiva di ottenere nuovi profitti, ma anche dalla necessità di limitare le perdite crescenti (Antonelli 1989). La rivalità schumpeteriana può dunque essere ricondotta alla logica dei modelli di cambiamento tecnologico indotto, quando l'attenzione sia concentrata sugli effetti dell'introduzione di innovazioni di prodotto sulle curve di domanda particolare delle imprese che vendono beni parzialmente sostituibili.

La nozione di «punctuated growth» introdotta da Stephen Jay Gould³ assume in questo ambito tutta la sua rilevanza. La coevoluzione delle condizioni esterne, a loro volta caratterizzate da fenomeni di irreversibilità parziale eppure di evoluzione, e del cambiamento interno prodotto dai singoli agenti, o dalle singole specie, per rimanere vicini alla metafora della paleontologia, può spiegare non tanto la comparsa di elementi di discontinuità quanto la loro improvvisa e radicale diffusione e generalizzazione. Continui elementi di microdiscontinuità vengono prodotti dall'incessante meccanismo di ricombinazione biologica. Questi a loro volta hanno effetti di cambiamento a livello di sistema. In certe particolari circostanze, con forti elementi di casualità, i cambiamenti dell'ambiente coincidono con i cambiamenti di una specie, favorendone il successo e quindi, attraverso la riproduzione allargata e intensificata, addirittura la specificazione e con essa il rafforzamento delle caratteristiche più congeniali all'ambiente così come esso si è venuto a sua volta configurando.

Il gradualismo del cambiamento tecnologico localizzato e della path-dependence può dunque mettere capo alla formazione di nuovi sistemi tecnologici. L'analisi dei percorsi innovativi delle singole imprese e dei singoli agenti non può prescindere dallo studio dell'evoluzione del sistema nel suo complesso.

1.2.6. Conoscenza collettiva e reti

Durante gli anni novanta la diffusione del costruttivismo, nella storia e nella sociologia della scienza, e delle scienze della complessità, nell'informatica e nella fisica, ha affiancato la scoperta di nuove prospettive sistemiche nel campo dell'economia dell'innovazione. Si diffonde un approccio che privilegia lo studio del funzionamento del sistema nel suo complesso nella prospettiva che le sue singole componenti siano caratterizzate da forti elementi di indivisibilità e interdipendenza, non adeguatamente espressi dal sistema dei prezzi, e tali per cui le interazioni tra le parti e tra le parti e il si-

³ Si veda la sintesi del lungo e straordinario percorso di ricerca di questo grande paleontologo in Gould (2002).

stema mettono capo a processi dinamici con esiti multipli (Latour 1987; Bijker *et al.* 1987; Callon 1989; Smith e Marx 1995; Rycroft e Kash 1999).

In questo contesto, la ripresa dell'analisi marshalliana delle esternalità, nelle sue varie sfumature, e dell'analisi marshalliana dei processi competitivi offre numerosi spunti interpretativi circa il ruolo dell'assetto istituzionale in cui le interazioni virtuose tra gli innovatori e l'effettivo flusso di iniziative e spillovers tecnologici possono accadere. Quest'analisi porta al centro della discussione il concetto basilare di complementarità intrinseca e interdipendenza, a livello tecnologico, industriale e regionale, tra i diversi agenti nell'accumulazione di nuova conoscenza tecnologica e competenza economica e, di conseguenza, nell'introduzione e nell'adozione di nuove tecnologie. La necessità di un'analisi sistematica in grado di integrare la comprensione delle interazioni basate sui meccanismi di prezzo, intesi come vettore esclusivo delle informazioni rilevanti, con l'analisi della varietà delle interazioni che rendono possibile lo spillover della conoscenza, diventa evidente (Audretsch e Feldman 1996; Audretsch e Stephan 1996; Loasby 1999).

La generazione e l'introduzione di innovazioni tecnologiche sono adesso viste come il risultato di complesse alleanze e compromessi tra gruppi eterogenei di agenti. Gli agenti sono diversi a causa della varietà di competenze e di tipi localizzati di conoscenza dai quali partono. Le alleanze sono basate sulla valorizzazione delle deboli indivisibilità della conoscenza e sulle complementarità locali tra differenti tipi di conoscenza tecnologica. La convergenza degli sforzi di vari innovatori, ciascuno dei quali ha una specifica, e pertanto complementare, base tecnologica, può condurre con successo alla generazione di una nuova tecnologia. Gli elementi di complementarità, debole divisibilità e di interdipendenza tecnologica diventano centrali per comprendere gli attributi di specifici sistemi tecnologici, regionali e industriali, o delle reti in cui la distribuzione e l'accesso alla conoscenza tecnologica hanno luogo (Freeman 1991; Nelson 1993; David e Foray 1994).

In questo ambito, la distinzione tra innovazione e diffusione diventa confusa e, anzi, ciascuna adozione è vista come il risultato di uno sforzo complementare che rende utile e nello specifico affidabile una nuova tecnologia, aumentandone il raggio di applicazione. Colo-

ro che adottano la nuova tecnologia non sono più visti come utenti potenziali passivi e riluttanti, ma piuttosto come ingegnosi selezionatori che valutano la portata della complementarità e della cumulabilità di ciascuna nuova tecnologia in relazione alle loro esigenze specifiche e ai contesti di applicazione. La profittabilità di un'adozione è il risultato di un processo, piuttosto che di uno stato di cose.

Una tecnologia si diffonde quando si applica a una varietà di condizioni d'uso diverse. L'intrinseca eterogeneità degli agenti si riferisce, infatti, non solo alla loro base tecnologica specifica, ma anche ai mercati dei prodotti e dei fattori in cui operano. La composizione per età dei loro fattori di produzione fissi e del capitale intangibile può essere considerata il fattore di maggiore differenziazione e di identificazione dello specifico contesto d'azione, in relazione sia al cambiamento tecnologico sia alla strategia di mercato. Idee nuove possono essere arricchite e implementate incrementalmente, in modo da diventare infine innovazioni sfruttabili, solo quando si formino le appropriate coalizioni di imprese eterogenee. La nozione di diffusione dicotomica è in contrasto con l'approccio epidemico. Le nuove tecnologie vengono adottate solo se e quando si adattano a specifiche condizioni dei mercati dei prodotti e dei fattori: alcuni agenti non adotteranno mai una nuova tecnologia e l'identificazione delle determinanti della non-adozione diventa rilevante (Stoneman 1995).

La diffusione di una nuova tecnologia non è più vista come il risultato dell'adozione adattativa di una nuova singola tecnologia, bensì come quello di una scelta tra diverse nuove tecnologie. La diffusione è il risultato della selezione di un disegno dominante tra una varietà originaria di diverse opzioni tecnologiche. L'interdipendenza tra gli utenti può condurre a rendimenti crescenti legati all'adozione, cosicché le tecnologie adottate da un largo numero di utilizzatori potenziali hanno maggiori possibilità di emergere dal processo selettivo e di diffondersi nel resto del sistema (Arthur 1989; 1994).

L'analisi delle dinamiche industriali fornisce l'arena all'interno della quale la costruzione del mercato delle nuove tecnologie può essere osservata. Possono essere valutate numerose imprese mentre mettono in atto le loro strategie competitive, in cui il cambiamento tecnologico gioca il ruolo di maggiore importanza. Ciascuna impre-

sa è caratterizzata da una competenza specifica a partire dalla quale la conoscenza localizzata è stata implementata. Ciascuna impresa è inoltre caratterizzata da una specifica dotazione di capitale fisso e da specifici contesti di condotta sui mercati dei prodotti e dei fattori. Il cambiamento delle condizioni di mercato induce le imprese a innovare sia nelle strategie di mercato, sia nelle tecnologie.

Le scelte tecnologiche in relazione all'introduzione di innovazioni di prodotto e di processo, l'adozione di nuove tecnologie offerte da fornitori e l'imitazione dei concorrenti si uniscono alle strategie di mercato come la specializzazione, l'outsourcing, la diversificazione, l'entrata e l'uscita, le fusioni, le acquisizioni e la crescita interna. In un processo di continua verifica, le imprese sperimentano sul mercato i cambiamenti dei loro comportamenti tecnologici e delle loro strategie. A livello aggregato, il risultato è la selezione di mercato delle nuove migliori tecnologie, spesso caratterizzate da forti complementarità sistemiche. Le coalizioni, in continua evoluzione, tra diversi gruppi di attori su arene che si sovrappongono ma che si distinguono per le loro specificità, modellano il tasso e la direzione del cambiamento tecnologico nel suo complesso.

Un notevole progresso, in questo contesto, è fornito dalla nuova comprensione delle dinamiche relative alle esternalità che caratterizzano le reti e in generale i processi di interazione (network externalities). Le esternalità di rete si applicano non solo alla domanda, quando l'utilità di un dato prodotto è influenzata dal numero degli utenti, ma anche al lato dell'offerta, quando la produttività di un bene capitale è influenzata dal numero di utilizzatori. In particolare, le esternalità si applicano anche alla generazione di nuova conoscenza e all'introduzione di nuovi sistemi tecnologici, quando si considerino gli effetti positivi del numero crescente di tipi complementari di conoscenza e tecnologie collegate. L'adozione dell'innovazione, una volta introdotta, è inoltre influenzata dal numero dei primi nuovi utenti (Katz e Shapiro 1985; Antonelli 1992; 1999; Cohendet, Llerena, Stahn e Umbhauer 1998).

Le esternalità di rete si verificano soprattutto quando ciascuna nuova tecnologia è complementare ad altre innovazioni parallele e contribuisce alla globale efficienza del sistema. Si delinea un sistema tecnologico quando innovazioni interdipendenti e complementari vengono sequenzialmente introdotte. La definizione di «general

purpose technology» (GPT, tecnologia di portata generale), introdotta da Bresnahan e Trajtenberg (1995), e in seguito elaborata da Lyseey, Bekar e Carlaw (1998), si applica molto bene alle nuove tecnologie dell'informazione. Il carattere sistemico delle tecnologie di portata generale è rilevante sia in relazione al contesto d'origine, sia in relazione alle applicazioni. Le nuove tecnologie dell'informazione e della comunicazione, come altre precedenti tecnologie di portata generale, sono il risultato della complementarità e dell'interdipendenza di una varietà di innovazioni tecnologiche introdotte sequenzialmente. Le nuove tecnologie dell'informazione e della comunicazione, come altre precedenti tecnologie di portata generale, hanno alti livelli di funzionalità, in quanto si applicano a un'ampia varietà di processi produttivi del nuovo sistema tecnologico, inclusi numerosi e vari preesistenti processi e prodotti.

Come nel caso di altre precedenti tecnologie di portata generale, ad esempio le ferrovie, la dinamo e le tecnologie della produzione di massa, le nuove tecnologie dell'informazione e della comunicazione sono il risultato di una miriade di innovazioni complementari, rispetto alle quali l'introduzione di ciascuna è stata il risultato della complementarità e dell'interdipendenza con altre innovazioni parallele, di cui ha rafforzato l'ampiezza delle applicazioni e la produttività. Il percorso è tale che nessun processo o prodotto possa essere realizzato senza la sostanziale applicazione delle nuove tecnologie dell'informazione e della comunicazione, o senza gli effetti sostanziali dell'applicazione delle nuove tecnologie dell'informazione e della comunicazione.

Il caso delle tecnologie di portata generale pone l'accento sul ruolo delle complementarità e dell'interdipendenza sia nella generazione, sia nell'uso di nuova conoscenza tecnologica. La produzione di nuova conoscenza, scientifica o tecnologica, appare adesso come fortemente influenzata dalle condizioni sociali, istituzionali ed economiche in cui ha luogo (Gibbons *et al.* 1994). L'interazione e la comunicazione tra una varietà di diversi agenti innovatori, e nel campo della produzione scientifica, tra scienziati così come tra università e compagnie, rivestono un ruolo chiave nell'interpretazione dei fattori all'origine dei tassi di produzione di nuova conoscenza e delle sue specifiche direzioni, intesi come specifici campi di applicazione (David e Foray 1994; David 1993; 1994). Il risultato delle

analisi empiriche di Lundvall (1985) e Von Hippel (1988) sul ruolo chiave delle interazioni tra produttori e utilizzatori come motore alla base dell'accumulazione di nuova conoscenza tecnologica, e dell'introduzione finale di nuove tecnologie, è molto importante a questo punto dell'analisi. La produzione di conoscenza, infatti, diventa una condizione centrale per il perfezionamento successivo e l'implementazione dell'innovazione tecnologica.

L'analisi dell'accumulazione della conoscenza tecnologica diventa fondamentale in questo contesto, in cui il tempo storico viene preso in considerazione sempre di più. La conoscenza tecnologica è adesso vista come un bene quasi-pubblico: gli innovatori possono appropriarsene solo in parte, e «zampilla» (spills) verso terzi, sebbene meno facilmente di quanto si supponesse nell'analisi tradizionale di bene pubblico. L'importante ruolo della conoscenza tacita, incorporata nelle organizzazioni degli innovatori e specialmente nei processi di apprendimento, riduce la capacità dei potenziali imitatori di assorbire la nuova conoscenza e favorisce alti livelli di appropriabilità. Le nozioni di ricezione e assorbimento diventano rilevanti. Per trarre vantaggio dallo spillover devono essere implementate attività specifiche e dedicate, come tali sostanzialmente intenzionali. L'interazione tra le università, e i centri di ricerca in generale, e la comunità degli affari fornisce un nuovo terreno per numerose ricerche empiriche (Griliches 1992; David 1993; 1994; Etzkowitz e Leydesdorff 2000; Foray 2000). Il carattere collettivo della conoscenza tecnologica e della complementarità tra aree collimanti della conoscenza messe a disposizione di ciascun attore viene qui sottolineato. Il modo cooperativo in cui le innovazioni vengono perfezionate e potenziate è visto come un processo che coinvolge anche imprese concorrenti⁴.

⁴ Una citazione del recente e notevole libro di Richard Caves può aiutare a comprendere questo punto: «Gli economisti generalmente danno per scontato che la prima preoccupazione di un'impresa competitiva sia quella di proteggere i diritti intellettuali dall'appropriazione di aspiranti 'pirati'. Invece la migliore strategia delle imprese sarebbe quella di tollerare un'estesa trapelazione (divulgazione) della conoscenza dai suoi corridoi e dalle sue sale conferenza, ottenendo in cambio di mantenere sintonizzati i propri ricettori sulla conoscenza che trapela (nello stesso modo) dalle imprese concorrenti. Un considerevole scambio di informazioni tra i dipendenti di imprese concorrenti ha luogo in molte attività nel settore dell'alta

L'innovazione è messa a punto, in queste situazioni, dalla fertilizzazione incrociata di specifiche, nonché complementari, unità singole di conoscenza, e dei loro continui sviluppi. La tipologia e la varietà degli attori coinvolti in questi scambi assumono rilevanza di fattori determinanti. Il numero crescente di canali di comunicazione tra soggetti eterogenei, che quindi apportano conoscenze diverse, è la chiave per attivare nuove complementarità che richiedono la partecipazione e la verbalizzazione delle esperienze. Il parallelo sviluppo delle nuove tecnologie dell'informazione e della comunicazione sottolinea questo approccio e mette in evidenza il ruolo fondamentale che le interazioni e le comunicazioni rivestono, come fattori di produzione di nuova conoscenza, attraverso processi di formazione e contaminazione. In tale contesto, l'uso della teoria dei grafi e delle reti e l'approccio della percolazione, originariamente concepito in fisica, sembrano utili tentativi di analizzare l'architettura e il ruolo della rete di complementarità e interdipendenze che collegano le imprese e le tecnologie e che non possono essere pienamente ed esaustivamente segnalate dai prezzi (David 1998; Antonelli 1999).

Il fenomeno degli spillovers è stato prevalentemente analizzato in termini di processi di dissipazione incontrollata e incontrollabile della conoscenza prodotta da ogni singola impresa a causa delle sue ben note caratteristiche (arroviane) di inappropriabilità. La ricerca di una condizione di reciprocità spinge le imprese a privilegiare forme di cooperazione tacita che meglio si sviluppano in ambiti territoriali e tecnologici delimitati o addirittura a sviluppare forme di cooperazione esplicita che assumono forme diverse, a partire da contratti a lungo termine fino a forme di aggregazione societaria. Il costo del coordinamento e della comunicazione agisce come un fattore di limite alla definizione degli ambiti in cui tali processi hanno luogo (Antonelli 2001b).

La dimensione spaziale dei processi innovativi assume una rilevanza crescente fino a definire un'intersezione originale: la geografia dell'innovazione. L'agglomerazione regionale risulta vantaggioso-

tecnologia, e in particolare si verifica attraverso il saltellare dei lavoratori da un impiego all'altro, da impresa ad impresa» (Caves 2000, p. 367).

sa dal punto di vista dei tassi di introduzione delle innovazioni. Le imprese colocalizzate sembrano in grado di introdurre più innovazioni a partire da un medesimo livello di input nell'attività innovativa e inoltre sembrano più propense a investire risorse nella conduzione di attività innovative, delle imprese isolate (Audretsch e Feldman 1996; Breschi 2000). Numerose sono le spiegazioni elaborate in merito.

Il punto di partenza è senz'altro la nozione arrovinata di inappropriabilità e dunque di spillover: l'agglomerazione favorirebbe la partecipazione agli spillovers. Questi a loro volta sarebbero una naturale manifestazione dell'inappropriabilità della conoscenza tecnologica (Griliches 1992).

Un secondo filone di indagine approfondisce gli aspetti propri dei rapporti in essere tra produttori di spillover e percettori di spillover. Le economie di agglomerazione nella messa a punto di innovazioni tecnologiche sarebbero particolarmente rilevanti in termini di riduzione dei costi di transazione. La colocalizzazione ha effetti rilevanti in termini di continuità e replicabilità dei rapporti, di fatto è una forma di ostaggio reciproco. I soggetti colocalizzati sarebbero meno inclini al comportamento opportunistico e quindi maggiori elementi di fiducia potrebbero integrare le interazioni e gli scambi. Tra soggetti colocalizzati si producono allora dinamiche di scambio, anche non formalizzate, basate sulla logica del baratto e della reciprocità. L'accesso a contenuti della conoscenza tecnologica, pur sempre proprietari, diventa oggetto di relazioni di reciprocità di lungo termine, presidiate dalla colocalizzazione (Von Hippel 1988).

Un terzo approccio enfatizza la complementarità tra elementi di conoscenza tecnologica perseguiti e messi a punto da imprese che operano in mercati di prodotti vicini, ma non identici, e quindi non direttamente rivali. In questo caso, l'agglomerazione spaziale favorisce la circolazione di informazioni tra soggetti che operano in campi limitrofi e possono trarre vantaggio dalla messa a punto di innovazioni complementari. La nozione arrovinata di indivisibilità viene dunque declinata in termini di complementarità: la varietà delle imprese e la loro effettiva complementarità assumono rilevanza fondamentale per il successo dell'agglomerazione spaziale in termini di aumento dell'efficienza dell'attività innovativa. Si verificano in questo caso dei rendimenti crescenti geograficamente deli-

mitati, che scaturiscono dalla varietà e dalla complementarità delle attività che sono in grado di interagire e condividere gli elementi di conoscenza reciprocamente utili. Un secondo elemento significativo di questo approccio è la rilevanza delle economie di densità che scaturiscono dalle opportunità di impiegare al meglio le capacità produttive di singole unità produttive e centri di ricerca specializzati in una gamma ristretta di competenze e conoscenze. La prossimità consente di identificare queste risorse e usare al meglio la loro capacità produttiva caratterizzata da significativi costi affondati (sunk costs). Il ricorso alle loro competenze specialistiche a sua volta dà accesso a tipiche economie di varietà esterne, nonché ai vantaggi della specializzazione e della divisione del lavoro. La reciprocità nei rapporti di baratto di conoscenze tra operatori specializzati in prodotti complementari, ma non direttamente rivali, consente di rafforzare la divisione del lavoro intellettuale e scientifico-tecnologico, anche con modalità di interazione che a loro volta consentono di integrare veri e propri scambi di conoscenza tecnologica in un rapporto che prefigura un vero e proprio mercato delle conoscenze (Antonelli 2001b).

Il ruolo delle università viene enfatizzato in un altro approccio. La prossimità nello spazio geografico faciliterebbe la comunicazione scientifica e soprattutto accelera le ricadute in termini di conoscenza tecnologica delle invenzioni scientifiche messe a punto in ambito accademico. La prossimità favorisce dunque il rapporto tra ricerca scientifica e ricerca tecnologica, tra accademia e impresa. Le università possono usare la prossimità spaziale per integrare i propri strumenti di comunicazione, al di là delle forme classiche come le pubblicazioni e l'immissione nel mercato del lavoro delle imprese dei dottori in ricerca. La dotazione di grandi centri di ricerca accademica diventerebbe condizione almeno necessaria per dar vita a una dinamica di agglomerazione e innovazione virtuosa. La capacità di valorizzare le opportunità scientifiche e tecnologiche disponibili, grazie ai centri di ricerca pubblici, è l'indispensabile condizione complementare. Il ruolo dell'operatore pubblico e dei mercati finanziari diventa rilevante, non meno della disponibilità delle università ad attivare i canali di comunicazione con l'esterno (Audretsch e Stephan 1996).

Sviluppando l'analisi di Edith Penrose (1959) e François Per-

roux (1964), gli spillovers potrebbero essere considerati non tanto il risultato della 'naturale' inappropriabilità della conoscenza, quanto come opportunità tecnologiche di tipo interstiziale (Antonelli 2003b; 2004). Questa interpretazione pone al centro il ruolo della grande impresa motrice, capace di altissimi livelli di produzione di conoscenza tecnologica che si rafforzano nel tempo a causa delle economie di apprendimento e della continua accumulazione di conoscenza tacita. La grande impresa tuttavia soffre di elevati costi unitari di coordinamento. Anzi, a causa dei forti rendimenti decrescenti nelle attività di coordinamento, la grande impresa motrice è costretta a praticare elevatissimi livelli di selezione dei progetti innovativi. Solo progetti innovativi con alti tassi di rendimento lordo possono infatti sostenere gli elevati livelli di costi di coordinamento. La grande impresa motrice dunque abbandona numerosi progetti innovativi a uno stadio preliminare. Si tratta di progetti innovativi che sono suscettibili di generare tassi di profitto ancora largamente positivi, per imprese di minori dimensioni che hanno costi unitari di coordinamento inferiori. Le imprese minori si troverebbero così a poter sviluppare progetti innovativi concepiti dalle grandi imprese motrici, ma da queste non valorizzati a causa dei costi di coordinamento. Le esternalità tecnologiche sarebbero il risultato di una precisa complementarità tra grandi imprese motrici e piccole imprese e di logiche di selezione sequenziale delle opportunità tecnologiche che scaturiscono, nell'ambito delle grandi imprese, dai processi di apprendimento. La prossimità, geografica e tecnologica, favorirebbe questi processi di osmosi tra grande impresa motrice e piccole imprese interstiziali specie attraverso i processi di decentramento produttivo, outsourcing e la mobilità interaziendale dei lavoratori. Si ripropone così il modello del distretto tecnologico in cui accanto all'agglomerazione tra imprese, assume un ruolo decisivo la grande impresa motrice. Senza impresa motrice, dunque, i processi virtuosi dello spillover sarebbero molto più difficili (Antonelli 1986; 2003b).

L'analisi delle interazioni tra esternalità positive e negative consente significativi progressi e alcune generalizzazioni. La nozione di congestione, ben nota agli economisti regionali, può essere ora applicata a un ambito più ampio fino a esprimere gli effetti negativi della concentrazione nello spazio tecnologico, oltre che geografico, e della densità nell'uso delle reti di comunicazione, in termini di co-

sti e qualità dei beni. Le esternalità di rete possono dunque avere effetti negativi, oltre che positivi. Un'adeguata modellizzazione dell'interazione tra effetti esterni positivi ed effetti esterni negativi consente di ottenere forme analitiche in cui i tassi di variazione del numero di imprese colocalizzate, nello spazio sia geografico che tecnologico, sono una variabile dipendente dello stock delle imprese stesse, in una specificazione quadratica. Si ritrova così, per altra strada, la forma analitica classica delle curve logistiche di diffusione. Il risultato è rilevante non solo perché consente di generalizzare il modello epidemico con un nuovo fondamento interpretativo, basato appunto sull'analisi dell'interazione tra esternalità negative e positive, ma anche e soprattutto perché offre una rappresentazione rigorosa di processi di crescita tutt'altro che lineari che hanno luogo nelle lunghe fasi di «lontananza dall'equilibrio» del sistema, in cui processi di entrata spiegano il comportamento dei singoli agenti (Antonelli 1995; 1999; 2001b).

Lo sviluppo delle scienze della complessità offre stimoli e spunti importanti all'economia dell'innovazione, proprio per la comprensione del sistema economico come un sistema complesso in cui le capacità dinamiche dei singoli agenti esistono, comprendono l'introduzione di innovazioni, e dipendono da sistemi di interazioni che vanno al di là dei meccanismi di interdipendenza tra prezzi e quantità che costituiscono l'oggetto dell'analisi neoclassica. Si delinea così un approccio in cui è condivisa l'ipotesi per cui il modello neoclassico sarebbe apprezzabile come tentativo di trattare un sistema complesso che tuttavia rimane a livelli troppo semplificati. In particolare, il modello neoclassico non sarebbe capace di rendere conto della dinamica di un sistema di interdipendenze che deve comprendere la possibilità per ciascun agente di innovare, anche avvalendosi delle esternalità e dei «positive feedbacks» disponibili nel sistema (Rycroft e Kash 1999).

In questo ambito, il cambiamento tecnologico può essere visto come una forma di rendimento crescente, sistemico, dinamico, stocastico e finito, che conduce a una crescita discontinua e «puntuata». Il cambiamento tecnologico, infatti, ha luogo quando si verifica una serie di condizioni altamente qualificate e necessarie. L'introduzione di cambiamenti tecnologici che abbiano fondate speranze di successo è il fragile risultato di un insieme, complesso, di condi-

zioni e sequenze complementari e necessarie, con forti elementi stocastici.

Il riconoscimento e l'identificazione delle condizioni strutturali che modellano i sistemi economici e si rivelano favorevoli all'introduzione e alla diffusione di nuove tecnologie è il risultato principale di questo percorso d'analisi. I cambiamenti nelle tecnologie possono avere luogo e possono condurre all'aumento dell'output, per un dato livello di input, ma solo quando un processo generale di cambiamento economico e di dinamica industriale, che presenti delle ben definite condizioni al livello di sistema, sia effettivamente in atto. In questo contesto, un ampio numero di condizioni complementari e necessarie, sia tecnologiche, istituzionali, così come competitive e macroeconomiche, a livello di sistema, riveste un ruolo centrale perché un rapido tasso d'introduzione di nuove tecnologie abbia luogo.

In questo senso si deve riconoscere che la nozione di «crescita puntuata» introdotta da Stephen Jay Gould negli studi di paleontologia, si dimostra particolarmente rilevante e pertinente per gli studi di economia dell'innovazione. L'elemento di novità introdotto da Gould, infatti, consiste nell'apprezzamento dei processi di coevoluzione. L'evoluzione lenta e continua legata ai processi di riproduzione e variazione casuale a loro congenita è suscettibile di mettere capo a salti e discontinuità, quando si tenga conto dell'evoluzione dell'ambiente circostante. Elementi di varietà anche rilevanti, affiorati in ogni singola specie attraverso processi di variazione sistematica, hanno occasione di imporsi e generalizzarsi, in quanto hanno il pregio di adattarsi a nuove configurazioni dell'ambiente, a loro volta emerse anche a causa dei processi di specificazione casuale in corso in ciascuna delle specie che costituiscono l'ambiente stesso.

In questo contesto Metcalfe (1995a; 1995b) fornisce nuovo terreno alla necessità di elaborare un'analisi sistemica del comportamento degli agenti economici che considera, a fianco delle caratteristiche dei mercati, dei fattori e degli input, le caratteristiche specifiche delle tecnologie e della conoscenza. Le scelte tecnologiche devono essere analizzate congiuntamente ad altri comportamenti e ad altre scelte in termini di prezzi e quantità. In tale approccio sistemico, le innovazioni e le imprese non possono essere analizzate isolatamente, ma solo all'interno di un sistema dinamico di interdipen-

denze e complementarità tecnologiche, industriali e regionali, sia dal lato della domanda, sia da quello dell'offerta, con interazioni che non sono esclusivamente e pienamente regolate dal meccanismo dei prezzi (Metcalf 1997).

1.2.7. Tentazioni pericolose

Il successo spesso porta con sé dei rischi. L'abbondanza di risultati raggiunti dall'economia dell'innovazione e le prove parallele sulla rilevanza economica della nuova ondata di innovazioni radicali, che si raggruppano attorno alle nuove tecnologie dell'informazione e della comunicazione, hanno sollecitato l'incursione dell'analisi dell'equilibrio.

In questa prospettiva, la nuova teoria della crescita rappresenta un importante sforzo nell'intento di integrare l'analisi del cambiamento tecnologico all'interno di un contesto d'analisi di equilibrio. La nuova teoria della crescita si basa su tre importanti acquisizioni dell'economia dell'innovazione: a) la distinzione tra conoscenza tacita e generica, e la collegata nozione di conoscenza tecnologica come bene quasi-pubblico, per via delle quasi-appropriabilità; b) la comprensione delle esternalità tecnologiche e delle dinamiche legate agli spillovers; c) la nozione di concorrenza monopolistica come risultato dell'introduzione di nuovi prodotti.

La nuova teoria endogena della crescita riprende alcuni spunti base dell'economia dell'innovazione, per elaborare tuttavia un quadro analitico in cui l'accumulazione della conoscenza e, infine, l'introduzione di innovazioni sono spiegate in un contesto di equilibrio.

Per Romer (1986; 1990) la crescita economica si basa sull'accesso collettivo alla conoscenza generica che fluisce nell'aria. Romer distingue tra conoscenza tecnologica generica, relativa a una varietà di usi generali, e la conoscenza tecnologica specifica, incorporata nei prodotti, e in quanto tale, caratterizzata da aspetti idiosincratici molto forti. Della conoscenza tecnologica specifica ci si può appropriare, mentre la conoscenza generica presenta le tipiche caratteristiche del bene pubblico descritto da Arrow. Gli innovatori generano conoscenza generica mentre sono coinvolti nell'introduzione di nuova conoscenza specifica incorporata in nuovi prodotti e nuovi processi. La produzione di nuova conoscenza specifica trae

vantaggio dalla disponibilità collettiva di quella generica. Lo spillover di conoscenza generica favorisce la generazione di nuova conoscenza specifica da parte di terzi e, allo stesso tempo, non riduce gli incentivi a generare nuova conoscenza per via della forte appropriabilità delle applicazioni specifiche. La concorrenza monopolistica caratterizza i mercati dei prodotti e fornisce un coerente contesto perché una fitta varietà di prodotti, derivanti dallo stesso blocco di conoscenza generica, coesista.

In questo programma di ricerca, tuttavia, le numerose analisi istituzionali, acute nel cogliere le specifiche condizioni in cui le dinamiche dei rendimenti crescenti, attivati dalle esternalità tecnologiche, sono disponibili, vengono perse. Secondo la nuova teoria della crescita endogena, le esternalità tecnologiche possono manifestarsi ovunque e non risulta necessario identificarne le condizioni specifiche.

In una simile prospettiva, l'analisi delle condizioni di disequilibrio che sono necessarie perché l'innovazione abbia luogo, viene radicata. L'innovazione è completamente inserita nella routine e diventa parte dell'amministrazione quotidiana. La crescita lineare e scorrevole del sistema economico è sostenuta dalla continua introduzione di innovazioni da parte delle imprese che operano in un contesto di concorrenza monopolistica e sono in grado di generare nuova conoscenza specifica, ed è alimentata dallo spillover gratuito di conoscenza tecnologica generica, senza essere influenzata dalle interazioni tra cambiamento strutturale e cambiamento tecnologico.

1.3. Il governo dei processi innovativi

1.3.1. Conoscenza esterna e conoscenza interna

La comprensione dei meccanismi di governo delle relazioni e delle transazioni che presiedono ai processi della produzione e distribuzione di conoscenza, intesi come fenomeni a carattere necessariamente collettivo e sistemico, appare un presupposto indispensabile per l'analisi dei determinanti della capacità innovativa dei sistemi economici e dei singoli agenti.

Come appare necessario respingere l'ipotesi del cambiamento tecnologico che «scende dal cielo», così appare sempre meno accettabile l'ipotesi che le esternalità tecnologiche «spillino» gratuitamente e spontaneamente nell'atmosfera e siano immediatamente utili nella produzione di nuova conoscenza senza né sforzi né intenzionalità. Non solo, appare sempre più necessario approfondire l'analisi delle caratteristiche intrinseche della conoscenza tecnologica, nel tentativo di individuarne caratterizzazioni più analitiche e rilevanti dal punto di vista dell'analisi dei meccanismi che ne governano i processi di accumulazione e distribuzione.

L'analisi dell'appropriabilità ha reso possibile per l'economia dell'innovazione la comprensione del ruolo chiave delle esternalità tecnologiche e degli effetti positivi degli spillovers tecnologici. La scoperta della conoscenza esterna, che si rende disponibile non solo attraverso le transazioni nel mercato della conoscenza, ma anche attraverso le interazioni tecnologiche, rappresenta un nuovo importante passo nel dibattito. La conoscenza esterna è un input importante nella produzione di nuova conoscenza, e tale ruolo fondamentale, una volta riconosciuto, è stato articolato e compreso nell'approccio dei sistemi innovativi, in cui la produzione di nuova conoscenza è vista come il risultato del comportamento cooperativo di agenti che portano avanti attività di ricerca complementari (Antonelli 2001b).

Di conseguenza, i costi derivanti dall'esclusione prodotta dai diritti della proprietà intellettuale, devono essere tenuti in considerazione. Il controllo monopolistico di rilevanti unità di conoscenza, fornito sia ex-ante da brevetti, sia ex-post da barriere all'entrata nei mercati dei prodotti, può evitarne non solo la divulgazione incontrollata e di conseguenza la diffusione, ma anche ricombinazioni ulteriori che potrebbero produrre nuova conoscenza, almeno per un considerevole periodo.

I vantaggi derivanti da un regime forte di diritti di proprietà intellettuale, in termini di maggiori incentivi per il mercato a offrire conoscenza tecnologica, sono ora controbilanciati dai costi derivanti dal ritardo con cui si potrà usufruire delle nuove cognizioni e dalle occasioni perse in termini di arricchimento incrementale delle stesse. Gli aspetti verticali e orizzontali dell'indivisibilità mostrano i loro potenti effetti in termini di cumulabilità. L'indivisibilità della conoscenza si traduce nella fondamentale complementarità cumula-

tiva delle singole unità. La complementarità e la cumulabilità a loro volta implicano che nuove singole unità di conoscenza possano essere più facilmente introdotte a partire da altre unità in precedenza acquisite, sia nello stesso specifico contesto, sia in contesti adiacenti. Impedire l'accesso alla conoscenza già acquisita riduce la prospettiva di nuove conquiste e, in ogni caso, comporta costi sociali molto alti in termini di duplicazione delle spese.

A questo punto il concetto di esternalità di rete dal lato dell'offerta diventa evidente e rilevante nell'economia della conoscenza tecnologica. La generazione di nuova conoscenza tecnologica viene ora considerata come caratterizzata da esternalità relative alla domanda. La nozione di interdipendenza fra gli utenti irrompe sulla scena quando gli agenti tengono conto del livello di utilizzo di determinati beni da parte di altri agenti. Infatti, per quel che riguarda la conoscenza scientifica e tecnologica, l'interdipendenza tra utenti e produttori di conoscenza è molto forte. Le effettive possibilità, per ciascun agente, di generare nuove unità di conoscenza, dipendono dai livelli di accumulazione di capacità, competenze, istruzione e accesso alle informazioni degli altri agenti all'interno della comunità.

La quantità di conoscenza tecnologica esterna disponibile in un dato contesto, sia industriale, sia tecnologico o regionale, diventa un'importante risorsa, così come le condizioni di accesso ad essa e le caratteristiche della struttura delle relazioni. Diversi attori influenzano l'ammontare della conoscenza esterna disponibile: imprese, università e centri di ricerca, nonché intermediari e altri agenti specializzati nella diffusione di conoscenza tecnologica come le attività dei KIBS (servizi ad alta intensità di conoscenza). Le istituzioni dei mercati del lavoro rivestono un ruolo importante: l'anzianità di servizio e la struttura dei salari possono modificare il flusso della conoscenza tecnologica soprattutto in un contesto regionale (Cooper 2001). La divisione del lavoro tra le imprese e le pratiche di fornitura esterna di servizi di ricerca, inoltre, hanno un ruolo importante in quanto aumentano il flusso di comunicazioni tecnologiche. Assume in questo ambito crescente rilievo l'attività dei KIBS come fornitori di conoscenza tecnologica e attori complementari nello scambio di brevetti e di altre forme di diritti di proprietà intellettuale.

1.3.2. Dalla produzione di conoscenza alla distribuzione di conoscenza

Un importante cambiamento si è verificato nell'economia dell'innovazione in seguito alla recente comprensione del ruolo chiave della distribuzione di conoscenza. L'economia della distribuzione di conoscenza, tematicamente vicina a quella della produzione di conoscenza, è emersa come una distinta area di ricerca dedicata alla comprensione del ruolo delle esternalità di conoscenza e dell'apprendimento interattivo nella produzione e nell'uso di nuova conoscenza. Ciascuna singola unità di conoscenza non è infatti solo il risultato finale di un processo di generazione (creativo) ma anche impulso e risorsa per la generazione di nuove unità.

Nell'economia della produzione di conoscenza i bassi livelli di appropriabilità e di utilizzo esclusivo sono stati a lungo considerati la causa della scarsa commerciabilità (market failure). I caratteri di bassa appropriabilità ed esclusività hanno qualificato la conoscenza tecnologica come un bene quasi-pubblico, e come tale incapace di attirare investimenti e di generare una precisa divisione del lavoro. La struttura degli incentivi per gli agenti non era adatta a raggiungere gli appropriati livelli di allocazione delle risorse nella generazione di nuova conoscenza. I limiti intrinseci alla commerciabilità riducono al minimo la divisione del lavoro, limitando così i vantaggi derivanti dalla specializzazione.

In tale contesto, tre «dispositivi» istituzionali erano stati tradizionalmente considerati adatti a ridurre la perdita di benessere (welfare losses): la grande impresa, il finanziamento pubblico della ricerca, e il sistema di protezione dei diritti di proprietà intellettuale.

I contributi di Kenneth Arrow e Richard Nelson avevano a lungo influenzato il dibattito sull'organizzazione economica dell'offerta di conoscenza. In quell'approccio, la conoscenza tecnologica era vista come un bene pubblico a causa degli alti livelli di indivisibilità, non-esclusività, non-rivalità, non-commerciabilità e di conseguenza non-appropriabilità. In un tale contesto i mercati non sono in grado di fornire gli appropriati livelli di conoscenza per via della scarsità sia degli incentivi, sia delle opportunità di implementare la divisione del lavoro che permetterebbe di raggiungere adeguati gradi di specializzazione. L'offerta pubblica di conoscenza tecnologi-

ca, e in particolare di conoscenza scientifica, è stata a lungo considerata il rimedio fondamentale alle insufficienze del mercato.

L'offerta pubblica di conoscenza scientifica e tecnologica attraverso il finanziamento pubblico delle università e di altri enti di ricerca, così come di quelle imprese desiderose di intraprendere programmi di ricerca di interesse generale, ha trovato la propria ragion d'essere in questa argomentazione. Questo conduce all'attuale costruzione e alla sistematica implementazione della conoscenza pubblica condivisa: i «knowledge commons».

Parallelamente, tuttavia, anche il potere ex-ante del mercato monopolistico è stato indicato, in tale contesto, come uno strumento adatto a incentivare il tasso di accumulazione della conoscenza tecnologica e quindi l'introduzione del cambiamento tecnologico. Le barriere all'entrata, nei mercati dei prodotti, assicurano le risorse finanziarie necessarie a sostenere le spese per la ricerca e lo sviluppo, e, soprattutto, riducono il rischio di imitazione e divulgazione incontrollata. I concorrenti devono ancora entrare sul mercato e l'entrata è impedita da sostanziosi svantaggi in termini di costi.

La creazione di diritti di proprietà intellettuale era stata vista, in questo contesto, come un intervento istituzionale complementare. I brevetti e il sistema dei diritti d'autore, se debitamente implementati, possono ridurre la non-esclusività e la non-appropriabilità. Nel contesto istituzionale adeguato, i diritti di proprietà intellettuale possono, inoltre, favorire la commerciabilità e quindi condurre a livelli più alti di specializzazione e di divisione del lavoro. I diritti di proprietà intellettuale possono contribuire ad aumentare gli incentivi alla produzione di conoscenza scientifica e tecnologica (Alchian e Demsetz 1972).

La costruzione di un'economia di diritti di proprietà intellettuale è tuttavia progressivamente giunta a ipotizzare in modo più forte che l'appropriata implementazione dei brevetti, accortamente stabiliti in termini di copertura, durata e procedure di assegnazione, possa ridurre o addirittura cancellare i problemi sollevati dal carattere di bene pubblico della conoscenza tecnologica. Allo stesso tempo molte prove empiriche e ricerche teoriche hanno mostrato come l'appropriabilità sia, di fatto, decisamente maggiore di quanto non si supponesse. La conoscenza è contestuale e specifica in relazione alle condizioni originarie di accumulazione e di generazione: di conseguen-

za le possibilità di appropriabilità naturale sono migliori di quanto si pensasse. I costi di imitazione risultano alti, così come i costi di ricezione e di riformulazione dell'assetto ingegneristico necessari a utilizzare la conoscenza di cui non si è proprietari. I costi della sindrome del «non-inventato-qui» sono riconosciuti come notevoli. L'assistenza agli utenti potenziali da parte dei detentori della conoscenza originaria diventa molto importante, se non indispensabile.

Questi due capi dell'analisi, ex-post, hanno offerto argomenti complementari alla nuova ipotesi che sostiene l'esistenza di un vero e proprio mercato della conoscenza e dunque la possibilità di identificare un'offerta e una domanda per la conoscenza e che considera i risultati di tali interazioni di mercato compatibili con un sistema competitivo e in condizioni vicine all'equilibrio.

Questo nuovo approccio non conduce solo alle teorizzazioni della crescita endogena, ma anche a compiere passi significativi verso la privatizzazione delle conoscenze pubbliche condivise. Le università sono state sollecitate a brevettare le loro scoperte e spesso sono state forzate a entrare sul mercato dei servizi della ricerca tecnologica. Il finanziamento pubblico delle attività di ricerca è discusso, e messo in questione, se non ridimensionato. Si è sentita l'esigenza di osservare più da vicino il lavoro della conoscenza pubblica condivisa, nonché l'effettiva necessità di valutare la produttività delle risorse investite nella produzione di conoscenza, sia a livello di sistema, sia a livello di singole unità. Sono stati fatti inoltre alcuni tentativi di liberalizzare i mercati, specialmente nel nuovo campo delle tecnologie ad ampio spettro dell'informatica e della comunicazione, con la liberalizzazione delle telecomunicazioni e nuove prese di posizione antitrust molto aggressive (David 1997a).

1.3.3. La distribuzione di conoscenza

Nell'economia della distribuzione della conoscenza tecnologica, la comprensione del ruolo chiave della circolazione della conoscenza come fattore essenziale per la produzione di nuovo sapere offre una diversa prospettiva di analisi (Stephan 1996; Foray 2000). Ciascuna singola unità di conoscenza è un input essenziale nel processo di produzione di nuova conoscenza. Un input essenziale accanto ad altri, tra cui la competenza, il talento e le capacità. La comple-

mentarità tra le diverse unità di conoscenza rende l'accessibilità e la disponibilità di ciascuna di esse fondamentale e anzi una condizione necessaria perché si possano aumentare le possibilità di ulteriori scoperte e innovazioni (Antonelli 1999; 2001b).

In questo contesto, la comprensione degli specifici meccanismi regolativi attraverso i quali la nuova conoscenza viene generata, ricombinata, sperimentata e finalmente trasformata in applicazioni pratiche, diventa una problematica fondamentale. Problematica che non può essere studiata separatamente dallo specifico contesto competitivo, produttivo e organizzativo in cui i comportamenti e le strategie delle imprese sono inseriti. Tutto ciò richiede infatti la comprensione di come vengano gestiti nel tempo, e alla fine coordinati in modo adeguato, gli squilibri causati da vari processi di cambiamento nelle attività delle imprese, nei mercati dei prodotti e dei fattori come nei mercati interni.

La regolazione delle intrinseche complementarità tra gli agenti nell'identificazione delle soluzioni tecnologiche appropriate, come paletti indicatori per la formazione di coalizioni efficienti, è fondamentale per capire tali dinamiche. Dinamiche in cui la competizione spesso segue sequenzialmente la cooperazione nella selezione e nella valutazione delle richieste tecnologiche basilari e delle interfacce (Bijker *et al.* 1987).

In questo ambito assume grande rilievo una specifica concezione della conoscenza intesa come «conoscenza tecnologica localizzata». Essa rappresenta molto più delle risorse tecnologiche, in quanto incorpora la specifica abilità a organizzare, controllare e combinare le risorse tecnologiche con il proposito di rendere l'impresa redditizia e allo stesso tempo di assicurarne la capacità di cambiare le proprie attività nel tempo. La conoscenza tecnologica localizzata incorpora il flusso peculiare e dedicato di interazioni che un'azienda deve gestire tenendo conto sia delle proprie componenti interne, sia dell'ambiente esterno.

L'ambiente esterno ovviamente riguarda le altre imprese coinvolte come fornitori di risorse per la produzione, ma anche gli acquirenti e la loro influenza sul funzionamento del processo di produzione; nonché altre organizzazioni come le associazioni commerciali e le istituzioni scientifiche e tecnologiche. Considerare l'insieme di tutte queste componenti è la premessa necessaria per la com-

preensione del carattere localizzato della conoscenza tecnologica, cioè per capire le condizioni ambientali che le imprese devono affrontare per assicurarsi lo sviluppo delle proprie attività. La produzione e la distribuzione della conoscenza tecnologica e l'introduzione di innovazione tecnologica hanno un carattere fortemente sistemico e fortemente influenzato dalle caratteristiche ambientali, a causa del ruolo chiave delle interazioni localizzate tra gli agenti che acquisiscono e accumulano la conoscenza (Gibbons, Limoges, Nowotny, Schwarzman, Scott e Trow 1994; David 1998).

Tali interazioni non sono esaustivamente spiegate dal meccanismo dei prezzi: per questo, le esternalità e lo spillover giocano un ruolo chiave. Una distribuzione efficace e le opportunità per la ricombinazione, tuttavia, possono aver luogo solo quando i costi di assimilazione sono bassi e la comunicazione tra gli agenti è attivamente sostenuta e incoraggiata nel corso del tempo. Le opportunità di apprendimento e i meccanismi di incentivazione variano tra gli agenti e costituiscono un elemento fondamentale: sistemi innovativi efficaci includono imprese manifatturiere, imprese di servizi, università e centri di ricerca, enti finanziari attivi e più in generale una miriade di agenti specializzati in ruoli complementari. In breve la conoscenza tecnologica localizzata è vista sempre più come il risultato di ripetute interazioni dinamiche tra agenti, le quali hanno luogo all'interno di contesti le cui caratteristiche sono altamente peculiari e vincolanti (Antonelli 1999; 2001b).

Le interazioni sistemiche presentano rilevanti configurazioni dinamiche, dovute al ruolo dei processi di feedback, o retroattivi. In altre parole, la generazione e la distribuzione della conoscenza sono rese peculiari dalle condizioni specifiche e locali dell'ambiente in cui esse sono inserite: il carattere «localizzato» della conoscenza non viene riferito soltanto agli aspetti dell'influenza geografica, ma riguarda anzi l'architettura delle relazioni all'interno delle e tra le imprese, cioè l'insieme delle risorse e delle relazioni necessarie a implementarne le attività (Metcalf 1995a; 1995b).

La nostra concezione del carattere localizzato della conoscenza e del cambiamento tecnologico implica tre ben distinte nozioni basilari. Una prima serie di argomentazioni deriva dall'analisi del ruolo dell'apprendimento e dell'irreversibilità. Nuova conoscenza tecnologica può essere prodotta soltanto in quelle aree tecniche di cui le

imprese hanno esperienza. Le imprese si muovono lungo sentieri tecnologici definiti dall'impossibilità di modificare rilevanti porzioni dei loro «assets» produttivi e dei costi di sostituzione relativi, così come le dotazioni originali di risorse, l'apprendimento localizzato e la generazione di conoscenza e di nuove tecnologie. D'altra parte quegli stessi sentieri tecnologici si raggruppano attorno alla comune dotazione di opportunità tecnologiche, specifiche di ciascuna regione-industria, di infrastrutture per la circolazione della conoscenza e di canali di comunicazione. L'esperienza è un fattore fondamentale di accumulazione della conoscenza tecnologica. Unitamente all'irreversibilità, l'esperienza è un ingrediente indispensabile per la comprensione dei processi di crescita e cambiamento tecnologico caratterizzati da path-dependence (Antonelli 1995; 2001b).

In secondo luogo, la conoscenza è organizzata in moduli. Una forte complementarità, da cui lo spillover e i rendimenti crescenti, ha luogo soltanto all'interno di tali moduli. A loro volta, molti di questi moduli sono concentrati regionalmente e l'evidenza empirica mostra l'esistenza di spillovers locali non solo in senso geografico, ma anche tecnologico (si pensi alla Silicon Valley o a Torino: un'intera industria, rispettivamente quella del software e quella automobilistica, risulta concentrata in pochi chilometri quadrati). In altre parole, quello che conta è la «near-decomposability» della conoscenza (Simon 1962; 1969; 1982).

La terza serie di argomentazioni è stata elaborata a partire dall'analisi del ruolo della conoscenza esterna e dei costi di assorbimento e comunicazione (Griliches 1992; Stiglitz 1987; 1994; 1998). Come indicato da Stiglitz (1999a; 1999b), la generazione di nuova conoscenza si basa sulla capacità degli agenti di vagliare ciascuna opportunità a livello globale e rielaborarne i risultati a seconda delle esigenze locali, ricombinando nuove conoscenze generiche secondo le condizioni di applicazione, rese altamente idiosincratiche dalle caratteristiche delle tecniche, dei prodotti e dei mercati con cui gli agenti hanno a che fare. La generazione di nuova conoscenza da parte di ciascun agente dipende in modo sistematico dall'abilità di questi di accedere, riportare, comprendere e utilizzare la conoscenza esterna.

La conoscenza esterna tuttavia non piove dal cielo come una manna. Né può essere considerata come un input qualunque che

può essere prontamente acquistato sul mercato e facilmente acquisito all'interno delle aziende. Richiede specifici percorsi di ricerca, identificazione, transazione, acquisizione e assorbimento, i quali comportano costi di monitoraggio e ascolto definiti dalla varietà di codici e dal numero di canali di comunicazione selezionati dalle compagnie. Questa è la ragione per cui il carattere localizzato della tecnologia conta così tanto.

I costi della produzione di conoscenza sono più bassi per le imprese in grado di stabilire rapporti cooperativi e accedere in questo modo ai «bundles» di conoscenza collettiva (condivisa) (Richardson 1960; 1972; Rosenberg 1976; Knorr Cetina 1981; Von Hippel 1988).

La comunicazione tecnologica riveste, in tale contesto, un ruolo centrale. La comunicazione è uno strumento necessario, anzi indispensabile, in quanto permette sia a chi utilizza la conoscenza, sia a chi la produce di identificare, qualificare, esplorare e valutare le potenzialità delle esternalità di conoscenza. Come la comunicazione contribuisce a rendere le complementarità all'interno della conoscenza effettivamente rilevanti per i potenziali utenti, così i canali della comunicazione sono cruciali nel rendere le opportunità di conoscenza efficienti dal punto di vista economico. Mentre i detentori della conoscenza non possono prevenirne la dispersione, i potenziali utenti potrebbero ritrovarsi nell'impossibilità di farne buon uso. Di conseguenza, l'analisi del ruolo della comunicazione nella produzione della conoscenza tecnologica è un'importante area di ricerca teorica ed empirica nell'ambito dell'economia dell'innovazione. Comunque sia, la comprensione delle condizioni a partire dalle quali tali comunicazioni hanno luogo, è ancora *in fieri*. Se un largo consenso è stato raccolto dal riconoscimento del ruolo chiave delle complementarità delle diverse cognizioni nella produzione di nuova conoscenza, le condizioni attraverso le quali quelle complementarità si concretizzano devono ancora essere completamente accertate (David 1998).

Perché la comunicazione abbia luogo, almeno due parti devono essere intenzionalmente coinvolte: essa è infatti un'attività intrinsecamente interattiva. Inoltre, perché si stabiliscano i collegamenti che rendono possibile un'effettiva comunicazione è necessario che vengano codificati e implementati nel tempo protocolli condivisi (da entrambe le parti in causa) e vengano stabilite regole di comunicazione. Successivamente, le comunicazioni effettive si basano su

infrastrutture materiali come su infrastrutture immateriali, che possono essere create nel corso del tempo con il consenso reciproco. Infine, i regimi di appropriabilità hanno un ruolo chiave: gli agenti sono ampiamente consapevoli dei rischi di un'incontrollata percolazione delle conoscenze da loro acquisite. Il rapporto costi-benefici, tra i vantaggi derivanti dal libero accesso alla conoscenza esterna e le perdite dovute alla scarsa appropriabilità della conoscenza prodotta, varia secondo i meccanismi di regolazione in atto.

La comprensione delle condizioni in cui le complementarità della conoscenza si concretizzano e possono essere efficaci da un punto di vista economico richiede di analizzare la coordinazione dei canali di comunicazione e le interazioni della conoscenza. In alcuni casi si rivelano essenziali le relazioni informali; in altri, la condivisione di un equipaggiamento o di infrastrutture comuni sembra essere il dispositivo più efficace. In alternativa, impegni contrattuali tra le compagnie rappresentano una condizione funzionale; vi sono anche casi in cui l'esigenza di progetti cooperativi o di joint-companies è resa più esplicita. I diversi contesti nominati confermano la necessità di rivolgere l'attenzione alle specifiche situazioni contingenti che definiscono la regolazione delle interazioni dell'apprendimento e dei processi comunicativi attraverso i quali si rende possibile la nascita e la distribuzione di conoscenza tecnologica (Williamson 1975; 1996).

Questo può essere fatto organizzando una serie di criteri specifici tali da rendere più espliciti i limiti produttivi, organizzativi e istituzionali che le imprese coinvolte nella generazione e nell'uso di nuova conoscenza tecnologica devono fronteggiare. L'evidenza empirica suggerisce che vi sono numerosi meccanismi di regolazione in atto. Tale varietà sembra a propria volta associata sia alle specifiche caratteristiche della conoscenza, sia alla complessità delle esigenze produttive, nonché all'abilità di gestire relazioni all'interno e tra le imprese. Considerato ciò, si può partire dall'abbondante letteratura disponibile e sviluppare, al di là delle differenze settoriali e nazionali, un quadro teorico sul modo in cui le imprese affrontano il governo della produzione di conoscenza tecnologica (Teece 2000).

A causa della complessità delle interazioni in atto nell'implementazione della conoscenza tecnologica, e del limitato ruolo dei meccanismi di prezzo nel chiarirle, l'analisi richiede di mettere a

fuoco i sistemi innovativi come meccanismi di governo e modelli organizzativi in cui coordinare le attività economiche volte non solo a produrre nuova conoscenza, ma anche a distribuirla e a trasformarla in applicazioni da cui trarre profitto. A questo punto emerge un nodo centrale: la diversità dei meccanismi di governo che permettono la distribuzione e la ricombinazione della conoscenza tecnologica all'interno dei sistemi innovativi (Williamson 1975; 1996).

La conoscenza tecnologica non può che essere altamente specifica relativamente sia al contesto, sia all'impresa. In quanto tale, la conoscenza tecnologica è sistemica e mette in questione la comprensione delle capacità delle imprese. Questo aspetto sistemico dipende in larga parte dalle caratteristiche della conoscenza tecnologica stessa, e dai contesti dei mercati e dei prodotti; l'analisi richiede quindi l'abilità di tenere in considerazione le interazioni tra queste peculiarità. Inoltre si pone la questione sia delle caratteristiche interne all'impresa, ossia del modo in cui le operazioni funzionali e divisionali sono coordinate, nonché del modo in cui l'organizzazione dell'impresa interagisce con il suo ambiente (Freeman 1991; Amendola e Gaffard 1988).

La recente e rinnovata attenzione da parte della letteratura economica ha reso più esplicita e insieme più problematica l'analisi del modo in cui risorse pubbliche e incentivi, infrastrutture accademiche e comportamenti innovativi delle imprese interagiscono in un contesto complesso e talora costituiscono sistemi innovativi che favoriscono la generazione e l'uso della conoscenza tecnologica. Di conseguenza, la comprensione delle condizioni necessarie perché venga prodotta nuova conoscenza tecnologica implica un'analisi parallela di quelle tre componenti. La difficoltà sorge dal fatto che non esiste un modello unico e rappresentativo; al contrario, è ovvio che esiste un'ampia varietà di sistemi innovativi in grado di elaborare nuova conoscenza, e questo prova la difficoltà di affrontare il ruolo e lo spazio della conoscenza tecnologica nelle economie contemporanee (David 1993; 1994; 1998).

1.3.4. Specificità e contingenze

Gli assetti organizzativi e i meccanismi di regolazione usati per produrre e sperimentare conoscenza tecnologica possono essere

considerati il risultato di una combinazione delle caratteristiche di prodotti e mercati, imprese, conoscenza e contingenze istituzionali. La varietà dei meccanismi di regolazione, i diversi sistemi innovativi e la loro abilità relativa nell'assicurare un'adeguata evoluzione del sistema economico sorgono dalla combinazione di queste differenti contingenze.

Le contingenze di mercato e di prodotto influenzano la generazione di nuova conoscenza tecnologica. Per quanto riguarda le contingenze relative al prodotto, la complessità di prodotto riveste qui un ruolo importante. L'accostamento di numerose tecnologie e capacità diverse aumenta i costi di coordinazione all'interno dell'impresa al fine di creare, e ricavarne dei vantaggi, delle potenzialità innovative. Tanto più ampia è la complessità dei prodotti e tanto è maggiore la possibilità che vi siano interazioni il cui esito possa essere l'apprendimento nei mercati intermediari. Molto importanti sono le contingenze relative ai mercati: ogni settore è caratterizzato da specifiche forme di mercato che vanno dalla concorrenza quasi perfetta agli oligopoli, dalla concorrenza monopolistica ai monopoli veri e propri. L'altezza delle barriere all'entrata in generale è un fattore chiave per la valutazione degli assetti organizzativi dei sistemi innovativi: più difficile è l'entrata e minori sono i rischi di imitazioni incontrollate. Quando le barriere all'entrata, persino nei piccoli mercati di nicchia, sono alte, è molto probabile che si verifichino comportamenti cooperativi e interazioni volte all'apprendimento. Le contingenze di mercato e di prodotto danno forma ai meccanismi di regolazione delle interazioni volte alla generazione e alla distribuzione di nuova conoscenza tecnologica.

Le contingenze di mercato e di prodotto tuttavia non danno una spiegazione completa del perché la conoscenza tecnologica può diventare fonte di profitto e del come un «corpo di cognizioni tecnologiche» si possa trasformare in «un corpo di pratiche economiche». Tali passaggi dipendono ovviamente, in modo accentuato, dalle contingenze relative alle imprese. Queste ultime sono tradizionalmente associate alle problematiche manageriali all'interno della concezione penrosiana della crescita dell'impresa (Penrose 1959). Le imprese presentano differenze molto ampie, anche all'interno dello stesso settore, in termini di strutture organizzative, sistemi di incentivazione, grado di decentralizzazione, metodi e procedure di

«decision-making». Le imprese possono attivare mercati interni e progettare strutture (interne) di incentivazione per stimolare la ricerca, l'accumulazione e l'uso eventuale di nuova conoscenza tecnologica: in tale contesto, salari di efficienza dinamici e mobilità interna dei lavoratori rivestono un ruolo (molto) importante. All'estremo opposto, strutture burocratiche altamente centralizzate potrebbero rivelarsi ben più abili nel dirigere il flusso di investimenti e nel concentrarsi sulle nuove opportunità d'affari, ma sicuramente meno agili nell'esplorare nuove direzioni e di conseguenza meno capaci di sostenere l'accumulazione di nuova conoscenza tecnologica (Aoki 1988).

Una peculiare caratteristica dell'attuale funzionamento dei sistemi innovativi si collega all'esigenza di considerare che le contingenze relative al prodotto, al mercato e alle imprese debbano essere completate dalle caratteristiche della conoscenza stessa, al fine di rendere più comprensibile come funzionano i meccanismi di regolazione.

La conoscenza tecnologica può essere identificata più correttamente come un bene collettivo caratterizzato dalla complementarità sia tra conoscenza esterna e interna, sia tra lo stock di cognizioni esistenti e il flusso di nuove conoscenze. Il governo della proprietà della conoscenza condivisa e le condizioni di accesso e di esclusione al flusso delle interazioni, delle transazioni e delle comunicazioni tecnologiche, merita un esame attento e minuzioso (Menard 2000; Carroll e Teece 1999; Williamson 1985; 1996; Langlois 1986).

L'inclusione deve essere gestita e coordinata. Si possono verificare casi di utilizzo abusivo, anche se le interazioni a vantaggio reciproco, basate su scambi di conoscenza e implementate da contatti ripetuti e durevoli nel tempo, possono contribuire a ridurre gli effetti e l'ampiezza. L'esclusione è pericolosa, in quanto comporta il rischio di perdere quei rilevanti input complementari che caratterizzano la generazione di nuove tecnologie (Swann *et al.* 1998).

Diventa un compito molto importante identificare quegli agenti che detengono specifiche unità di conoscenza e valutarne la complementarità. Tale compito è oneroso sia dal punto di vista dei costi di ricerca sia da quello dei costi-opportunità: interagire con l'agente sbagliato comporterebbe, oltre alle spese di ricerca sostenute invano, una costosa perdita di opportunità. Può essere così identificata una specifica forma di costo di transazione della conoscenza. La se-

lezione dell'impresa e degli agenti con cui si possono intraprendere cooperazioni e comunicazioni tecnologiche è un aspetto rilevante del meccanismo e del processo regolativo, a partire dal quale possono costituirsi club tecnologici e coalizioni di ricerca, che si delineano come organizzazioni istituzionali il cui fine è quello di portare avanti la ricerca collettiva all'interno di coalizioni selettive.

L'economia della conoscenza tecnologica ha compiuto rilevanti progressi nell'identificazione delle sue specifiche caratteristiche. Le forme e i tipi di conoscenza contano. A seconda delle diverse caratteristiche della conoscenza tecnologica, possono emergere diversi meccanismi di regolazione.

Le forme assunte dalla conoscenza tecnologica contano in modo rilevante: che la conoscenza sia perlopiù tacita, articolata o codificata ha un'influenza molto forte sul governo del processo di accumulazione. Lo scambio di conoscenza scientifica tacita e di conoscenza tecnologica sembra più facile all'interno delle comunità di ricerca basate su interazioni ripetute e reciprocità nelle comunicazioni. L'inclusione casuale può avere effetti positivi, purché i nuovi ammessi siano debitamente selezionati (Cowan e Jonard 2002).

Gli incentivi alla creazione di procedure informali di interazione, spesso implementate dalla colocalizzazione all'interno di distretti tecnologici, sono davvero forti, in questi casi. Enti collettivi, come i club di misurazione e standardizzazione, emergono come importanti strutture di governo specialmente quando la conoscenza tecnologica è tacita e la sua articolazione richiede procedure complesse.

Gli scambi e le interazioni di conoscenza, quando questa sia articolata, possono avere luogo in modo facilitato all'interno di club tecnologici e di coalizioni in cui l'ingresso dei soci venga attentamente valutato e i criteri di ammissione siano molto restrittivi. La reputazione dei membri del club gioca un ruolo fondamentale nel costruire efficaci coalizioni di ricerca (Teece 2000). Infatti, quando la conoscenza tecnologica è più articolata, le interazioni contrattuali tra i partner all'interno di coalizioni di ricerca e di club tecnologici possono essere implementate in modo migliore. Possono essere elaborate specifiche forme di contratto in merito alle procedure e alla durata dell'assegnazione dei diritti di proprietà, di esclusività temporanea, e in generale sulle strutture dei ritardi nell'accesso al-

l'informazione completa con riconoscimenti di privilegi parziali a chi avesse dato contributi rilevanti.

In questo contesto le interazioni e le transazioni tra le imprese e l'accademia sembrano trovare un loro quadro specifico. L'interfaccia tra la conoscenza tacita e quella codificata, definita spesso come conoscenza articolata in quanto caratterizzata da forme non esaustive della complessità causale (si pensi per esempio al ruolo delle misure nella formazione della conoscenza articolata), fornisce infatti l'opportunità di definire i punti di comune interesse per le due parti, mentre gli scopi più ampi dell'impresa scientifica, in termini di impegno verso la costruzione di un «common» intellettuale, continuano a essere perseguiti.

La conoscenza tecnologica codificata è più compatibile con le esigenze commerciali, specialmente quando sia affiancata da un appropriato regime di diritti di proprietà intellettuale e di assistenza agli inventori, il cui ruolo, in quanto venditori ai potenziali utilizzatori, è necessario e utile per ridurre i costi di adozione e di adattamento. I mercati della conoscenza tecnologica con transazioni effettive vengono spesso istituiti in un contesto simile.

Un'ampia gamma di scelte in termini di meccanismi regolativi può essere analizzata e inquadrata anche in relazione alle specifiche caratteristiche delle conoscenze tecnologiche. Elementi quali la complessità, la complementarità e la cumulabilità della conoscenza tecnologica sono i più rilevanti. Le strategie tecnologiche delle imprese sono molteplici: l'accumulazione di conoscenza può essere perseguita attraverso attività di ricerca interne nei propri laboratori di ricerca e sviluppo, l'affidamento a terzi di mansioni di ricerca (outsourcing tecnologico), la collocazione dei centri di ricerca e sviluppo all'interno di distretti tecnologici, alleanze e coalizioni con altre imprese coinvolte negli stessi progetti di ricerca e infine effettive fusioni e acquisizioni, in funzione del livello reale di complementarità e cumulabilità tra conoscenza interna ed esterna e le forme in cui essa è detenuta e le sue condizioni di accesso. Sempre di più si vede che i mercati finanziari possono essere considerati mercati per la conoscenza in cui le cognizioni tecnologiche non sono più incorporate nei beni capitali, negli input intermedi o nel capitale umano, ma direttamente negli «assets» finanziari. Acquisire un'impresa può essere un modo di accedere a conoscenza esterna (Antonelli e Quéré 2002).

La diversificazione e la crescita multinazionale può essere vista come una scelta strategica elaborata dalle imprese per valorizzare «assets» intangibili che non possono essere commercializzati in quanto tali sul mercato della conoscenza non-incorporata. La crescita, sia essa interna che esterna, quindi, può essere uno strumento utilizzato per valorizzare risorse intangibili che non possono essere acquisite attraverso la proprietà dei diritti intellettuali, ma solo quando siano incorporate in proprietà di tipo tradizionale, come beni materiali. La crescita esterna tuttavia può anche essere il risultato di strategie di ricerca che passano attraverso l'acquisizione di competenze complementari, quelle che rivestono un ruolo fondamentale nel rendere possibile l'innovazione tecnologica perseguita.

All'interno delle imprese, specie se di grandi dimensioni, la coordinazione delle comunicazioni tecnologiche diventa un elemento fondamentale. L'organizzazione delle imprese sembra essere influenzata dalla necessità di implementare e di valorizzare la complementarità tra le unità di conoscenza possedute e accumulate nelle diverse componenti dell'organizzazione (Argyres 1995).

L'impresa stessa è considerata sempre più come il nodo che coordina le procedure volte a consentire l'accumulazione della conoscenza. L'argomentazione Coase-Williamson, che è stata ampiamente applicata alla scelta tra il coordinamento e la transazione dell'attività economica, può ora essere ampliata ed elaborata per studiare e comprendere la struttura della conoscenza tecnologica (Furubotn 2001; Antonelli 2004). Qui il ruolo della complessità e della cumulabilità della conoscenza tecnologica nella valutazione del meccanismo regolativo attraverso il quale scaturisce nuova conoscenza tecnologica viene sempre più riconosciuto.

Maggiore è la complessità della conoscenza tecnologica necessaria a produrre nuove tecnologie, e maggiori sono le probabilità che le strategie basate sull'affidamento a terzi delle attività di ricerca tecnologica (outsourcing) vengano implementate. Quando la base tecnologica di un'impresa è complessa e richiede l'integrazione e la ricombinazione di un'ampia gamma di cognizioni tecnologiche diverse, l'uso di conoscenza esterna è incoraggiato dagli alti livelli dei costi di coordinamento interno delle varie fonti di risorse e competenze che sono necessarie.

Al contrario, maggiore è la cumulabilità della conoscenza tecnologica propria dei prodotti e dei processi specifici di un'impresa, maggiori sono gli incentivi verso l'internalizzazione del processo che genera nuova conoscenza. Infatti, l'affidamento a terzi dello sviluppo tecnologico ha costi molto alti in termini di opportunità perse di crescita ulteriore. Lo stesso discorso vale quando l'apprendimento ha un ruolo importante nella generazione di nuova conoscenza: il pieno controllo del processo di produzione comporta importanti benefici in termini di aumento dei tassi di accumulazione di nuova conoscenza tecnologica.

La fungibilità della conoscenza tecnologica generata da ciascuna impresa, soprattutto se associata ad alti livelli di cumulabilità, fornisce importanti incentivi alla diversificazione. L'impresa ha infatti l'opportunità di beneficiare delle rendite derivanti dall'applicazione della sua conoscenza nella produzione di beni che in precedenza non erano collegati alle sue attività. Le interazioni tra produttori e utenti qualificati sono inoltre utili quando l'applicazione e la valorizzazione della fungibilità richiedono l'attivo coinvolgimento degli agenti a monte e a valle del processo produttivo.

La comprensione della regolazione della conoscenza tecnologica e delle esternalità dal lato della domanda permette di contribuire notevolmente all'economia della regolazione. I meccanismi di regolazione non dipendono solo dalle caratteristiche delle transazioni e dei processi di produzione delineati dalle tecnologie date e dai confini della base tecnica esistente. In alcune circostanze e anche in modo rilevante, i meccanismi di governo sono influenzati dal ruolo e dalle caratteristiche della conoscenza tecnologica. La regolazione dei mercati per la tecnologia si delinea come un'importante area per l'analisi empirica e teorica (Teece 2000; Nelson e Sampat 2001).

Le problematiche della distribuzione della conoscenza diventano centrali nel dibattito. La divulgazione incontrollata e i regimi di bassa appropriabilità riducono gli incentivi e possono condurre a un'offerta troppo limitata della conoscenza. Regimi di appropriabilità troppo marcati, tuttavia, possono rallentare, se non impedire del tutto, il lavoro prolifico della cumulabilità della conoscenza. Il «trade-off» tra appropriazione e percolazione della conoscenza ha importanti implicazioni non solo a livello dell'impresa, ma anche e soprattutto per il sistema nel suo complesso.

Il concetto di fungibilità della conoscenza riveste un ruolo importante in questo contesto. È chiaro che maggiore è la fruibilità della conoscenza, e quindi l'ampiezza della sua applicabilità e della capacità di ricombinazione di ciascuna singola unità di conoscenza, maggiori saranno i costi derivanti dall'esclusione. Le tecnologie di applicazione generale saranno più facilmente accessibili di quelle specifiche di un singolo contesto. L'assegnazione dei diritti di proprietà intellettuale dovrebbe tener conto dei costi sociali derivanti dall'esclusione da specifiche porzioni di conoscenza tecnologica, dell'ampiezza dell'applicabilità delle conoscenze protette e della loro importanza in relazione a scoperte ulteriori. La definizione del campo della cumulabilità diventa la più rilevante. La modularità sembra pertinente anche in questo frangente. Catene di complementarità e cumulabilità deboli e forti possono essere rilevate e moduli di conoscenza tecnologica possono essere identificati. Gli effetti dell'interdipendenza delle diverse unità possono essere identificati in ben definite regioni i cui confini sono segnati dall'effettiva estensione della complementarità e della cumulabilità della conoscenza (Antonelli 2001b).

L'identificazione di questi moduli, a sua volta, diventa importante da un punto di vista strategico a livello dell'impresa. Le esternalità di conoscenza provenienti da progetti di ricerca interni e dalle competenze accumulate sono più rilevanti di quelle provenienti da altri moduli. L'identificazione dei moduli tecnologici e delle mappe di conoscenza specifica in cui ogni agente è collocato è un importante strumento di regolazione da attivare, valorizzare e infine internalizzare, con appropriate strategie.

L'acquisizione dei concetti di cumulabilità, fungibilità e complementarità della conoscenza tecnologica dal lato sia dell'offerta, sia dell'utilizzo e quindi della domanda, sia essa espressa che tacita, rende possibile comprendere, in particolare a livello aggregato, soprattutto le dinamiche dei rendimenti crescenti. Tanto più numerosi sono gli agenti che detengono rilevanti porzioni di conoscenza tra loro complementari, e tanto più sarà ampio l'output in termini di conoscenza tecnologica e quindi di benessere che un sistema può generare. Le esternalità sono il primo motore dei rendimenti crescenti. A loro volta, tali rendimenti crescenti possono essere circoscritti all'interno dei confini dei moduli tecnologici.

I diritti della proprietà intellettuale aumentano efficacemente l'appropriabilità quando la conoscenza tecnologica ha contenuti fortemente codificati e contesti di applicazione ben definiti; e sono stati concepiti appunto per aumentare l'appropriabilità della conoscenza tecnologica, piuttosto che per favorirne la distribuzione. Tuttavia, le caratteristiche della protezione, l'ampiezza, la durata e le procedure di assegnazione dei brevetti hanno anche un peso dallo specifico punto di vista relativo alla distribuzione. I brevetti aumentano la commerciabilità, e di conseguenza la distribuzione e la divisione del lavoro nella generazione di nuova conoscenza: deboli diritti di proprietà possono spingere i possessori di rilevanti porzioni di conoscenza a proteggerla attraverso il segreto, con una netta riduzione della circolazione delle informazioni. Brevetti, tuttavia, concessi con un'ampia copertura, possono aumentare le controversie giudiziarie e i costi di transazione, e di conseguenza ridurre la circolazione e la commerciabilità. La persistenza dei brevetti e dei diritti che ne derivano, aumenta la fiducia dei proprietari e riduce le opportunità di utilizzo da parte di 'pirati'.

Il diritto di uso esclusivo viene sempre più spesso messo in discussione, mentre viene vista in modo sempre più favorevole la tradizione di copyrights non esclusivi. Infine, i brevetti assegnati secondo il criterio che favorisce il primo-ad-inventare, riducono il rischio di controversie giudiziarie, mentre, all'opposto, quelli assegnati secondo il criterio che privilegia il primo-a-registrare favoriscono la corsa alla registrazione di qualunque invenzione (anche di quelle di cui magari non vi sono applicazioni possibili). Funzionano più come dispositivi di segnalazione di campi tecnologici inesplorati, piuttosto che come effettivi diritti di proprietà intellettuale. Sebbene le caratteristiche dei diritti di proprietà intellettuale e in particolare di quelli che garantiscono l'uso esclusivo ai possessori dei brevetti abbiano un'importante influenza sulla commerciabilità, le transazioni effettive di conoscenza tecnologica sembrano essere implementate (soprattutto) da complementari contratti a lungo termine. I sistemi innovativi variano profondamente da un paese all'altro, in base alla forma specifica che assumono i regimi di tutela della proprietà intellettuale. A loro volta, il ruolo dei brevetti come meccanismo di rafforzamento dell'appropriabilità varia attraverso le tecnologie, a seconda dell'ampiezza della cumulatività orizzontale e verticale (Oxley 1999).

Il carattere specifico delle contingenze della conoscenza accentua l'importanza della contestualizzazione della conoscenza che non è riducibile ai soli regimi di tutela dei diritti di proprietà intellettuale. Al fine di capire come effettivamente funzionano i sistemi innovativi, è necessaria anche una discussione sul contesto istituzionale in cui le imprese sono inserite. È necessario fare alcune considerazioni sulla serie di limiti vincolanti che emergono dall'ambiente esterno, fronteggiati dagli agenti nella promozione e implementazione delle scelte innovative. Le contingenze istituzionali non riguardano solo la struttura (istituzionale) di produzione che caratterizza il contesto produttivo (cioè la complessa rete in cui le imprese sono inserite, che comprende i fornitori, gli acquirenti, i sub-appaltatori, gli operatori finanziari e il mercato del lavoro), ma anche la densità e la complessità delle infrastrutture istituzionali che si presentano come peculiari del contesto geografico, industriale e nazionale, come le associazioni commerciali e professionali, le istituzioni accademiche e di ricerca, nonché le tradizioni legali e giudiziarie.

L'identificazione e la specificazione di tutta quella serie di contingenze e dei principi relativi che vi stanno dietro, aiutano a caratterizzare la dimensione sistemica della produzione e della distribuzione di conoscenza tecnologica localizzata, in quanto offrono gli elementi necessari a disegnare una «mappa strutturale» volta a riordinare le diverse peculiarità della conoscenza tecnologica, e a dedurre le condizioni a partire dalle quali l'innovazione scaturisce, diventa percorribile e si diffonde all'interno del sistema innovativo. Da tale processo di mappatura, diventa possibile identificare le principali caratteristiche dei meccanismi di regolazione che si mostrano efficaci, tenendo in considerazione gli ostacoli incontrati dai comportamenti delle imprese innovative.

1.3.5. L'architettura dei modelli di governo dei sistemi innovativi

L'architettura dei sistemi di regolazione in atto in ogni specifica circostanza può essere considerata come il risultato di un processo di scoperta, volto ad affrontare la diversità e la complessità che ne sta alla base, nel meccanismo che mette capo alla produzione di nuova conoscenza tecnologica e nella sua implementazione in nuo-

ve attività produttive. La precedente caratterizzazione dei sistemi innovativi rende possibile enfatizzare ora il ruolo chiave delle interazioni dedicate tra agenti che apprendono, sia nelle imprese, sia tra le imprese, e l'essenziale ruolo ricoperto dai canali di comunicazione, costituito dall'attiva partecipazione sia di quelli che parlano, sia di quelli che ascoltano, nel rendere la conoscenza tecnologica disponibile. Tale analisi contribuisce a identificare la conoscenza tecnologica come un'attività collettiva in cui le potenziali complementarità (di conoscenza) possono essere condivise, diventando fonte di ulteriori rendimenti crescenti, grazie all'attiva implementazione delle attività di comunicazione.

L'analisi dei riscontri empirici disponibili sui sistemi innovativi rende possibile identificare, a fianco dei due modelli idealtipici della grande impresa che sviluppa attività di ricerca prevalentemente applicata a forte contenuto privato e del finanziamento pubblico che consente la produzione di ricerca di base i cui risultati sono liberamente disponibili, altri modelli di organizzazione e governo della produzione di conoscenza di tipo intermedio. In prima approssimazione si possono individuare infatti non meno di cinque tipi di meccanismi coordinativi in atto: a) sistemi innovativi in cui lo spazio geografico riveste un ruolo chiave; b) sistemi innovativi raccolti attorno a imprese di servizi ad alta intensità di conoscenza (KIBS); c) sistemi innovativi sostenuti dai mercati finanziari; d) sistemi innovativi sostenuti da sistemi di contratti a lungo termine; e) sistemi innovativi basati su enti pubblici di ricerca che operano con espliciti ruoli di interfaccia. Analizziamoli uno per volta.

a) Sistemi innovativi in cui la collocazione geografica riveste un ruolo fondamentale.

La prossimità geografica riveste un ruolo chiave quando i costi di transazione e di comunicazione sono effettivamente ridotti dalle ripetute interazioni e dai rapporti di fiducia, dall'aumentata mobilità del capitale umano e da frequenti interazioni tra produttori e consumatori. La collocazione geografica agisce come meccanismo di regolazione elementare perché riduce sia i costi di transazione sia quelli di comunicazione, rendendo più facile la continuità delle relazioni, e contribuisce alla condivisione basilare di linguaggi e codici. La collocazione geografica sembra diventare un meccanismo di

regolazione vero e proprio quando la conoscenza tecnologica ha contenuti largamente generici e in quanto tale si presta a essere applicata a numerosi prodotti e processi. Spesso molte di queste applicazioni sono a loro volta complementari sia nella produzione, sia nell'uso. I vantaggi derivanti dalla divisione, orizzontale come verticale, del lavoro possono facilmente essere sfruttati da vari attori i cui ruoli sono complementari, a patto che vengano rispettate regole di reciprocità e accesso simmetrico alla produzione di conoscenza collettiva.

Le città sono luoghi in cui i meccanismi di coordinazione tra gli agenti sembrano a priori più facili da stabilire per via della prossimità fisica. Tuttavia, l'evidenza empirica mostra anche come alcune città siano più efficienti di altre nel favorire localmente l'innovazione e la crescita. Il carattere discriminante tra le città risulta essere la varietà dei canali di comunicazione, che contribuisce largamente a spiegare le relative differenze nelle performance economiche.

Le città presentano almeno due categorie di canali di comunicazione che conferiscono loro un carattere unico. Una categoria include i canali di comunicazione formali forniti dalle infrastrutture cittadine. L'altra è costituita dai canali di comunicazione informali. Le città aumentano le probabilità di trovare risorse complementari informalmente, sia in modo diretto all'interno di associazioni professionali e nei club, sia in modo indiretto attraverso i servizi di vita quotidiana. Le città sono nodi di comunicazione e fornitori di esternalità tecnologiche all'interno di una fitta rete di transazioni di mercato e di relazioni. Le città offrono (permettono) la disponibilità immediata di un'ampia e diversificata gamma di risorse. Esse forniscono un contesto favorevole per afferrare le complementarità tecnologiche, specialmente quando la conoscenza tecnologica è per la maggior parte incorporata nel capitale umano. Infatti favoriscono la mobilità del capitale umano all'interno di imprese e industrie: il mercato del lavoro è più efficiente quando la distanza fisica non ostacola la mobilità dei lavoratori. Le città rappresentano il contesto in cui i sistemi innovativi possono essere centrati sulle infrastrutture accademiche. Le università hanno un ruolo fondamentale nell'indirizzare i fattori nella produzione e nella distribuzione di nuova conoscenza tecnologica. Gli intervalli temporali e i ritardi che caratterizzano le relazioni tra la produzione, la distribuzione e l'effettivo

uso della conoscenza possono essere ridotti dal coinvolgimento diretto degli accademici nelle attività imprenditoriali. Tale coinvolgimento diretto può assumere due forme: l'ingresso di accademici nel mondo degli affari attraverso la natalità di imprese a forte contenuto tecnologico (technological entrepreneurship), e il ruolo diretto delle università come fornitori di servizi ad alta intensità di conoscenza offerti alle imprese (Geuna 1999).

La dimensione urbana e metropolitana in particolare, includendovi anche i cosiddetti distretti tecnologici, si manifesta come un possibile meccanismo di regolazione specialmente quando e dove la conoscenza tecnologica è soprattutto il risultato di processi di apprendimento e come tale è per la maggior parte incorporato nelle capacità umane. Gli alti livelli di complementarità tecnologica e di costi di comunicazione rivestono un ruolo chiave per i potenziali innovatori nella valutazione della funzionalità di questo meccanismo di regolazione. L'affollamento dell'ambiente istituzionale e gli alti livelli di esternalità di conoscenza diffusa nell'atmosfera offrono un aiuto ulteriore. La competizione monopolistica tra le imprese in grado di difendere la propria nicchia di mercato e, allo stesso tempo, di raccogliere i vantaggi derivanti dalle esternalità offerte dalla rete in cui sono inserite, sia dal lato dell'offerta, sia da quello della domanda, favorisce le relazioni di scambio e di conseguenza l'implementazione del meccanismo stesso di regolazione. I vantaggi della prossimità, tuttavia, presentano la maggiore efficacia in termini di mobilità del capitale umano tra imprese e soprattutto tra settori industriali differenti. La città favorisce e consente la circolazione di conoscenze tecnologiche al di fuori dell'ambito specifico in cui sono state generate e questo processo è tanto più rilevante quanto maggiore la fungibilità tecnologica di ciascuna conoscenza: la nozione di esternalità interindustriali articolata da Jane Jacobs trova così nuova conferma. Le città si caratterizzano come meccanismi di regolazione funzionali quando forniscono un ampio insieme di istituzioni favorevoli all'implementazione e alla facilitazione di canali comunicativi efficaci, in grado di favorire la coevoluzione della domanda e dell'offerta di capacità specifiche e specifiche aree di competenza ed esperienza all'insieme del sistema economico nel suo complesso, superando così le limitazioni delle esternalità marshalliane (Clark, Feldman e Gertler 2000).

Alti livelli di cumulatività orizzontale e verticale sono la causa e la conseguenza dell'agglomerazione geografica. La conoscenza tecnologica è tipicamente peculiare dell'industria e dell'impresa in cui è stata messa a punto, e in quanto tale è inserita in particolari procedure e codici che corrispondono a una ben definita categoria di tecnologie e di procedimenti quasi meccanici (routines) di innovazione. Ai problemi della comunicazione interaziendale si aggiungono quelli della comunicazione interindustriale. La prossimità geografica e la conseguente affinità riducono i costi della comunicazione tecnologica. Del resto i rilevanti costi di coordinazione interna limitano le capacità innovative delle imprese troppo grandi, a causa della varietà di singole unità complementari di conoscenza che bisogna coordinare. Assumere le decisioni in modo completamente centralizzato riduce la flessibilità e l'ampiezza dei ventagli di possibilità tecnologici. Le conoscenze interstiziali vengono spesso valorizzate nelle immediate vicinanze. Non a caso gli spillovers hanno un forte contenuto spaziale anche attraverso la dinamica degli spin-offs.

Chiaramente le contingenze relative alle imprese rivestono un ruolo più importante nel valutare la funzionalità di questo meccanismo di regolazione, insieme ai regimi di bassa appropriabilità della conoscenza tecnologica, alle alte barriere all'entrata nei mercati del prodotto e agli alti livelli di complessità dei prodotti. Le contingenze relative al prodotto contano se considerate insieme alle condizioni della domanda. Le città e i distretti tecnologici sono meccanismi appropriati di regolazione quando la domanda ha caratteristiche di incertezza e le imprese preferiscono distribuire i costi da ammortizzare e ammortizzati tra vari specifici processi e prodotti. I sistemi innovativi basati sulla collocazione geografica possono funzionare da complemento per le grandi imprese. All'interno delle città e dei distretti tecnologici, infatti, le grandi imprese possono guidare la produzione e la distribuzione di conoscenza tecnologica attraverso reti stabilite tra attori complementari in cui le interazioni tra i produttori e i consumatori vengono coordinate e implementate da un nodo centrale.

b) *Sistemi innovativi raccolti intorno ai servizi ad alta intensità di conoscenza offerti alle imprese.*

Le interazioni tecnologiche possono anche essere incorporate negli scambi di servizi ad alta intensità di conoscenza. La fornitura

esterna e l'affidamento a terzi della produzione della conoscenza tecnologica hanno luogo attraverso servizi che incorporano conoscenza tecnologica. La conoscenza è accumulata e fornita dai KIBS, servizi ad alta intensità di conoscenza. I KIBS sono specializzati nel ruolo chiave di interfaccia tra blocchi di conoscenza generica e una varietà di applicazioni specifiche e idiosincratiche. Qui la conoscenza ha forti caratteristiche di bene quasi-privato e altamente radicato nella regione e nell'industria. L'applicazione è sufficientemente complessa e così costosa da fornire condizioni di appropriabilità più alte. A loro volta, i KIBS possono diventare i motori stessi dell'accumulazione quando e se riescono sia ad applicare conoscenza generica a specifiche condizioni, sia a concettualizzare nuova conoscenza generica da quanto appreso attraverso l'esperienza specifica e l'apprendimento localizzato accumulato in ogni specifico contesto di applicazione. In questo contesto, i sistemi innovativi possono trovare il proprio fulcro nei nuovi efficienti mercati di conoscenza, quando la fornitura di servizi è complementare e indivisibile dalle interazioni di conoscenza.

Questo meccanismo di regolazione è basato sull'interazione tra la conoscenza generica e quella specifica. La complementarità tra la conoscenza generica e contesti di applicazione altamente specifici e idiosincratici riveste un ruolo chiave nella valutazione della funzionalità di questo tipo di regolazione. Generare ciascuna nuova unità di conoscenza tecnologica specifica richiede l'uso di grandi quantità di conoscenza generica, la quale è essa stessa il risultato di lunghi periodi di accumulazione e implementazione. L'offerta competitiva nel mercato dei servizi ad alta intensità di conoscenza permette di combinare bassi livelli di capacità produttiva in eccesso nell'uso di conoscenza generica con i bassi costi medi di applicazioni specifiche e localizzate, nonché di innovazioni «fatte su misura». La comparsa di un effettivo mercato dei servizi tecnologici rende possibile raggiungere alti livelli di divisione del lavoro e di specializzazione. A livello di sistema, oltretutto, diventa più facile identificare la corretta quantità di risorse da allocare nella produzione e nella distribuzione di conoscenza tecnologica; e risulta chiaro che tale meccanismo di regolazione offre il vantaggio dei rendimenti crescenti derivanti dalle economie di densità e di cumulabilità, inserite appunto in un contesto competitivo.

c) *I sistemi innovativi sostenuti dai mercati finanziari.*

L'incorporazione diretta della conoscenza tecnologica in «assets» finanziari è un importante meccanismo di regolazione che rende l'accesso alla conoscenza esterna e alle interazioni relative il più ampio possibile. La conoscenza tecnologica non è commercializzata e scambiata in quanto tale, ma come bene fondamentale di una nuova impresa le cui azioni possono essere vendute e comprate sul mercato. Questo dispositivo presenta molti vantaggi, come la distribuzione dei rischi tra diversi investitori, nonché la riduzione dei comportamenti opportunistici dovuta all'attivo coinvolgimento e alla partecipazione degli innovatori nella fase incubativa. I mercati finanziari hanno l'importante compito di agire da filtri e da selettori delle varie idee imprenditoriali e dei nuovi arrivati. L'ammissione alla Borsa implica che abbia avuto luogo una precisa valutazione e che ogni nuova impresa quotata in Borsa incorpori una considerevole quantità di nuova conoscenza tecnologica. I venture capitalists investono e in seguito vendono le loro quote attraverso le IPO (Initial Public Offering) solo quando diversi esperti specializzati hanno dato una valutazione positiva di ciascuna impresa. Tali segnalazioni da parte del mercato rendono possibile l'accumulazione di conoscenza, in quanto facilitano la scelta dei potenziali investitori che possono dirigere i loro fondi e permettono anche ai consumatori di valutare meglio la qualità dei nuovi prodotti. I mercati finanziari offrono un'opportunità unica di acquisire singole unità di conoscenza incorporate nelle nuove imprese emergenti ad alta tecnologia e di ricombinare tali unità in modo da generare nuova conoscenza tecnologica, il cui ruolo diventa rilevante in modo diretto per l'eventuale introduzione di innovazioni di successo. I mercati finanziari rendono così possibili strategie di «mix and match», pianificate partendo da fusioni, acquisizioni e dismissioni finalizzate a costruire un insieme di «assets» di conoscenze e di competenze fortemente complementari.

Questo meccanismo di regolazione sembra entrare in scena quando la conoscenza tecnologica è incorporata in applicazioni specifiche e in unità complementari di conoscenza elaborate all'interno di organizzazioni, difficili da capire, da riprodurre e pertanto da imitare, la cui stessa dissipazione spontanea è altamente improbabile. L'utilizzo non autorizzato è impedito dalla complessità del prodotto e dagli alti livelli di informazioni contenute e incastrate nelle

organizzazioni stesse. La quotazione in Borsa attraverso le IPO diventa uno strumento efficace nel ridurre i rischi della concessione del credito, tradizionalmente associati all'offerta di risorse finanziarie alle attività innovative, da parte di sistemi finanziari caratterizzati da una forte presenza delle banche e pertanto da alti livelli di intermediazione (Lerner 2001).

d) I sistemi innovativi sostenuti da rapporti contrattuali a lungo termine.

La conoscenza tecnologica può essere scambiata sul mercato, purché alcuni elementi istituzionali vengano implementati. I contratti impliciti a lungo termine possono agire proprio in questo senso. I bassi livelli di puntualizzazione dei termini – un aspetto essenziale dei contratti impliciti – sono bilanciati dalla lunga durata dei medesimi. Fondamentalmente le parti sono incapaci di prevedere tutti i possibili risultati delle interazioni tecnologiche e dei canali di comunicazione che concordano di stabilire. Nel lungo periodo, tuttavia, le parti possono imparare dalle interazioni stesse e valutare in questo modo la relazione stabilita. Il tempo diventa un complemento delle transazioni di mercato, in modo tale da rendere possibile la coordinazione delle interazioni di conoscenza. Questi contratti possono assumere due forme: club tecnologici e concessioni di licenze.

Le imprese si accordano per rendere accessibili le interazioni di conoscenza e le comunicazioni tecnologiche tra club tecnologici associati all'interno dei sistemi innovativi. L'associazione, in modo formale o effettivo, all'interno di specifiche istituzioni pianificate per completare lo scambio di conoscenza tecnologica, è un importante meccanismo di regolazione. L'elemento fondamentale è l'identificazione di precise regole che rafforzano i regimi di appropriabilità e integrano i rapporti fiduciari. I costi di coordinazione interna possono salire così come i rilevanti costi di entrata e uscita. I costi di comunicazione e di transazione sono ridotti essenzialmente dal fatto che le organizzazioni centrali detengono la proprietà e provvedono all'amministrazione. I costi di coordinazione e di controllo rimangono bassi, se si considerano i bassi livelli di appropriabilità naturale della conoscenza tecnologica e gli alti costi necessari a rafforzare i diritti di proprietà intellettuale.

Le imprese possono accettare di trasferire la propria conoscenza

a terzi sia unidirezionalmente, sia bidirezionalmente, in un contesto di concessioni di licenze e di contratti di scambio. La combinazione di affari, di servizi e di interazioni di conoscenza è la caratteristica distintiva di questi rapporti. Le parti si accordano per permettere le interazioni di conoscenza a patto che lo scambio della conoscenza e del know-how di cui si usufruisce tramite le licenze sia implementato dall'effettiva fornitura di servizi e di assistenza tecnica. Questi servizi a loro volta aumentano il controllo sull'uso della conoscenza che viene trasferita. L'assistenza tecnica è inoltre, in molti casi, uno strumento necessario per ridurre le asimmetrie informative sugli eventuali sviluppi delle unità di conoscenza date. L'assistenza tecnica rende possibile il rafforzamento dei diritti di proprietà derivati (derivative), specialmente quando le licenze sono incrociate (Arora, Fosfuri e Gambardella 2001; Guilhon 2001).

I contratti impliciti a lungo termine sono un meccanismo di regolazione delle interazioni di conoscenza e delle comunicazioni tecnologiche praticabili, quando l'orizzonte temporale sia lungo abbastanza da rivestire un ruolo chiave come meccanismo di coordinazione complementare di base. Il meccanismo standard di regolazione dei prezzi può funzionare solo se una serie di elementi istituzionali complementari viene rafforzata e se le parti possono successivamente ridefinire i propri obblighi. A propria volta, l'ampiezza dell'orizzonte temporale è influenzata dai livelli di entropia nei mercati dei prodotti e nella conoscenza tecnologica stessa.

e) *Sistemi innovativi basati su enti pubblici di interfaccia.*

Il ruolo dello Stato nel sostegno alla ricerca universitaria e alla ricerca di base condotta in enti di ricerca a forte contenuto scientifico è ben noto. Non è questa la sede per riconsiderare i termini del dibattito circa i rapporti tra ricerca universitaria e ricerca delle imprese. In tema di analisi empirica trova invece ampio riscontro la rilevanza di un altro strumento intermedio tra i due estremi della ricerca perfettamente pubblica e di base, condotta nelle università, e la ricerca perfettamente privata e applicata condotta nelle grandi imprese. Si rileva infatti il ruolo sempre più significativo dell'attività di enti pubblici di ricerca con una esplicita missione di interfaccia, sia tra pubblico e privato che tra ricerca di base e ricerca empirica.

In particolare, nell'Europa continentale e negli Stati Uniti hanno assunto un ruolo crescente quei centri di ricerca di origine pubblica che operano nel mercato della ricerca, con particolare attenzione alle imprese di piccola dimensione⁵. Lo Stato tipicamente garantisce il finanziamento delle spese di funzionamento elementare e delle attività di ricerca di collegamento scientifico con i principali centri di ricerca di base attivi su scala globale. La maggior parte delle attività svolte da questi enti di ricerca, tuttavia, è finanziata sul mercato della ricerca applicata e di sviluppo, condotta per conto di imprese di piccole dimensioni.

Questa formula organizzativa ha ottenuto numerosi e positivi riscontri, perché consente a imprese di dimensioni insufficienti a condurre ricerche strutturate, di accedere ai principali risultati della ricerca di base. Per altro verso questa formula organizzativa consente anche alle imprese di dirigere effettivamente gli sviluppi e le applicazioni della ricerca di base verso le direzioni più suscettibili di incontrare il successo dei mercati. La ricerca di base, condotta nelle università e negli altri enti specializzati nella ricerca di base a carattere pubblico, assume così la sua tipica funzione di alimentare «gli scaffali della biblioteca». La traduzione delle invenzioni in innovazioni e la selezione delle invenzioni più suscettibili di avere applicazioni economicamente fruttuose sono lasciate al mercato. Il ruolo di interfaccia non è tuttavia lasciato alla spontaneità delle leggi di mercato ma è attivamente svolto da un ente pubblico dedicato. Il successo di questa azione è stato tale che le stesse università, specie nella realtà angloamericana, hanno cercato di sviluppare a loro volta una specifica funzione di interfaccia, favorendo le applicazioni economiche delle invenzioni messe a punto in sede di libera ricerca accademica. Hanno così assunto crescente rilievo incubatori e parchi scientifici collocati in prossimità di università e promossi dalle stesse università per favorire, appunto in una funzione di interfaccia, le applicazioni economiche delle invenzioni messe a punto nelle università.

In questa stessa ottica, la partecipazione sia individuale che isti-

⁵ Si fa qui riferimento al NSI negli Usa, TNO nei Paesi Bassi, MPG e soprattutto FGS in Germania e in misura minore CEA in Francia.

tuzionale del personale universitario al mercato della ricerca in una funzione di offerta a fronte della domanda derivata di servizi di ricerca espressi in outsourcing, ovvero «decentramento produttivo» della ricerca da parte delle imprese, è oggetto di nuova e più positiva considerazione, in quanto strumento di – possibile e più efficace – intermediazione tra invenzioni e innovazioni.

1.3.6. Meccanismi di governo e processi innovativi

Tra gli economisti dell'innovazione si sta affermando un sostanziale consenso riguardo le caratteristiche sistemiche della generazione e della distribuzione di conoscenza tecnologica e dell'introduzione del cambiamento tecnologico. L'approccio dei sistemi innovativi permette di comprendere la complessità delle interazioni che conducono all'accumulazione, alla produzione e alla distribuzione di nuova conoscenza tecnologica e all'effettiva introduzione dell'innovazione tecnologica. I mercati e i meccanismi di regolazione dei prezzi possono chiarire solo una parte limitata di tali interazioni. I meccanismi di regolazione tradizionali, come i finanziamenti pubblici del sistema accademico e delle attività di ricerca condotte dal mondo degli affari, nonché il ruolo chiave delle grandi imprese vengono ora affiancati in modo crescente da altri meccanismi di regolazione in cui imprese di piccola e media dimensione e le gestioni locali possono partecipare attivamente.

L'approccio dei sistemi innovativi permette di apprezzare la complessità delle interazioni necessarie per generare nuova conoscenza: le transazioni di mercato sono solo un sottoinsieme di un flusso più ampio di interazioni (il cui output è la produzione di nuova conoscenza) e di comunicazioni tecnologiche. Le strutture specifiche dei meccanismi di regolazione si rivelano come istituzioni che rendono tali interazioni e comunicazioni possibili. Tali particolari meccanismi di governo e regolazione si manifestano sotto l'influenza di specifiche contingenze, determinate dai tipi di tecnologia, di prodotti, di mercati e di organizzazioni di imprese e istituzioni coinvolti nelle suddette interazioni di apprendimento.

L'analisi del combinarsi di tali contingenze ha reso possibile identificare, come abbiamo visto, cinque modelli base di meccani-

smi coordinativi in atto: a) sistemi innovativi raggruppati in una stessa area geografica; b) sistemi innovativi sostenuti dai servizi di imprese ad alta intensità di conoscenza; c) sistemi innovativi sostenuti dai mercati finanziari; d) sistemi innovativi sostenuti da rapporti contrattuali a lungo termine; e) sistemi innovativi in cui enti pubblici di ricerca svolgono una funzione di interfaccia.

Tali modelli di regolazione dell'accumulazione e della distribuzione di conoscenza tecnologica sono particolarmente adatti a gestire le interazioni attraverso le quali si origina l'apprendimento. Essi completano e in parte sostituiscono il modello tradizionale articolato nella combinazione di grandi imprese, diritti di proprietà intellettuale e finanziamenti pubblici. Questi quattro modelli devono essere considerati modelli «idealtipici» più che modelli empirici a sé stanti. Nell'approccio basato sui sistemi innovativi è stata svolta molta ricerca empirica che ha permesso di tenere nella giusta considerazione la varietà dei meccanismi specifici di regolazione in atto, derivanti da diverse miscele dei modelli delineati. I sistemi innovativi, concepiti come le strutture portanti dei meccanismi di regolazione, variano a seconda degli elementi chiave in gioco, a seconda delle dinamiche interne ai sistemi stessi e in base alla struttura delle relazioni che presentano al proprio interno. Molte delle differenze all'interno dei sistemi innovativi sembrano derivare dalla varietà dei metodi coordinativi degli elementi dei sistemi. A loro volta, la struttura dei sistemi innovativi e delle dinamiche interne sembra riflettere i metodi coordinativi. Le complesse relazioni reciproche tra struttura e dinamiche interne dei sistemi innovativi e dei relativi metodi di coordinazione diventano quindi un elemento centrale dell'analisi. I meccanismi di governo delle relazioni di transazione e di interazione che conducono alla generazione e all'effettivo uso di conoscenza tecnologica sono fattori istituzionali fondamentali nel valutare la capacità innovativa di un sistema economico.

1.4. Conclusioni. Innovazione, cambiamento tecnologico e struttura economica: una prospettiva sistemica

Dopo circa quarant'anni dalla sua comparsa, l'economia dell'innovazione è ormai sufficientemente matura per riconoscere piena-

mente i contributi elaborati da altre scienze sociali nella definizione delle sue categorie basilari e delle sue metafore euristiche. Allo stesso tempo, arricchita da significative estensioni metodologiche, nonché da discussioni particolarmente intense sia di carattere metodologico che analitico, la disciplina può contribuire, con i propri specifici strumenti e procedure, allo studio del processo più generale della formazione di nuove idee nella società avanzata.

Il rompicapo iniziale rimane un nucleo problematico per quest'area interdisciplinare di specializzazione. Come l'innovazione arrivi sul mercato, come le novità trovino spazio nella nostra visione delle interazioni economiche e tecnologiche, come e perché la produttività totale dei fattori cresca, come le imprese e gli agenti economici in generale generino innovazioni e reagiscano all'introduzione delle stesse, sono ancora questioni aperte.

La presentazione del passaggio dalla metafora speculativa della manna allo strutturalismo, dal ciclo di vita del prodotto alle traiettorie e infine ai sentieri tecnologici e alle reti e ai loro meccanismi di governo, per analizzare determinanti ed effetti del tasso e della direzione del cambiamento tecnologico, può essere fatta esplicitamente utilizzando due assi: il primo va dall'esogeneità all'endogeneità, il secondo dalle metafore ai concetti (Rosenberg 2000).

Lungo il primo asse vediamo come la prima analisi del cambiamento tecnologico concepito come uno shock esogeno fosse coerente con l'ortodossia neoclassica. Tutte le assunzioni circa l'endogeneità hanno sollevato crescenti problemi rispetto alle leggi dinamiche del sistema economico. L'approccio del ciclo di vita del prodotto prima, lo strutturalismo di Harvard e le traiettorie tecnologiche dopo, e successivamente i sentieri tecnologici, hanno concentrato l'analisi sulle caratteristiche di non equilibrio in cui l'innovazione ha luogo e in cui viene generata. Il ruolo dell'analisi sistemica nella comprensione delle dinamiche di complementarità e interdipendenza – che non possono essere esaurientemente regolate da meccanismi di prezzo – caratterizza l'approccio delle reti. Da questo punto di vista, l'economia dell'innovazione sembra allontanarsi dalla rappresentazione neoclassica del libro di testo delle leggi alla base del funzionamento del sistema economico. La conoscenza delle condizioni di equilibrio e dei prezzi è utile e necessaria, ma non esaustiva.

Lungo il secondo asse, possiamo constatare che ciascuna metafora, come dato di fatto, ha preparato il terreno a concetti economici più articolati. La metafora della manna ha reso possibile esplorare gli effetti asimmetrici dell'introduzione esogena delle nuove tecnologie. Il modello struttura-condotta-performance ha collocato l'attività innovativa nell'ambito della teoria dell'impresa e dei mercati, rivendicandone il carattere intenzionale e strategico. Il ciclo di vita del prodotto prima, e le traiettorie tecnologiche poi, hanno preparato il terreno per comprendere il ruolo chiave della cumulabilità, dell'irreversibilità e del cambiamento tecnologico localizzato. Il concetto di rete ha condotto a una migliore comprensione della necessità di un approccio sistemico per analizzare la rete di interdipendenze e complementarità che collegano tra loro le imprese e le tecnologie, e che non possono essere pienamente segnalate dai meccanismi di prezzo.

L'assunto base circa la crescita con rendimenti di scala costanti, che ha reso possibile articolare la nozione vera e propria di residuo, e quindi di crescita della produttività totale dei fattori, rimane il nocciolo del problema. Il recupero dei rendimenti crescenti, debitamente armonizzati con i risultati dell'economia dell'innovazione, è senz'altro una direzione per la ricerca futura. Direzione in cui il divario tra la macroeconomia della crescita e la microeconomia dell'innovazione potrebbe ridursi.

Il cambiamento tecnologico che deriva dall'accumulazione di conoscenza ha luogo, in condizioni di non-equilibrio, in un sistema economico nel quale e quando le imprese non sono considerate come utenti passivi di tecnologie date, in grado soltanto di selezionare le tecniche più adatte a un dato insieme di prezzi relativi, ma come agenti capaci di cambiare e di generare le proprie tecnologie. Attraverso queste capacità, le imprese reagiscono alle insidie dell'irreversibilità, e a eventi inaspettati sia sui mercati dei fattori, sia su quelli dei prodotti, attivando appropriati livelli di creatività tecnologica e sfruttando rendimenti crescenti locali.

La scoperta della conoscenza esterna, disponibile non solo attraverso le transazioni sui mercati della conoscenza, ma anche attraverso le interazioni tecnologiche, segna un nuovo importante passo nel dibattito. La conoscenza esterna è un importante input complementare nel processo di produzione di nuova conoscenza. Il rappor-

to tra conoscenza esterna e interna diventa un elemento centrale. Risulta immediatamente chiaro come non si possano applicare le ipotesi classiche di piena sostituibilità tra le due. La nozione di supermodularità appare rilevante in questo contesto (Milgrom e Roberts 1995). Quel che sembra contare infatti è la proporzione di conoscenza interna rispetto a quella esterna. Le imprese non possono generare nuova conoscenza contando solo sulla conoscenza esterna o su quella interna come input. Con l'appropriata proporzione di conoscenza interna rispetto a quella esterna, invece, gli input della conoscenza interna e di quella esterna entrano in una funzione di produzione tipicamente supermodulare.

A causa della complementarità tra la conoscenza interna ed esterna, specialmente se viene delineata in termini di relazione moltiplicativa vincolata, l'esito aggregato delle interazioni e delle transazioni di mercato è instabile e sensibile alle interazioni e alle decisioni soggettive. Quando entrambe le strutture di domanda e offerta sono influenzate dalle esternalità, esistono equilibri multipli.

L'ammontare di conoscenza che ogni impresa può generare dipende dalla quantità di conoscenza esterna disponibile, cioè la quantità di conoscenza che altre imprese, specialmente quando coinvolte in progetti di ricerca complementari, hanno prodotto e di cui non possono appropriarsi o che desiderano scambiare. L'ammontare di conoscenza esterna, disponibile in ciascun dato momento per ogni spazio geografico e campo tecnologico, dipende dalla quantità di conoscenza tecnologica generata e dalle condizioni di comunicazione tecnologica tra i moduli di conoscenza tecnologica complementare.

Un altro passo, lungo questo approccio analitico, può essere compiuto con il pieno riconoscimento del carattere localizzato del cambiamento tecnologico e delle implicazioni derivanti dal ruolo chiave, in questo contesto, dei processi di apprendimento. Il concetto di cambiamento tecnologico localizzato, infatti, permette di sottolineare il ruolo della conoscenza come il prodotto dell'azione congiunta dell'attività economica e di quella produttiva. L'introduzione di nuove tecnologie è fortemente condizionata dall'ammontare delle competenze e delle esperienze accumulate, attraverso processi di apprendimento interni a procedure tecniche altamente specifiche e contestuali (Antonelli 1995; 1999; 2001b; 2003a). Gli agenti, in questo

approccio, possono generare nuova conoscenza solo in quei campi e in quegli ambiti in cui abbiano accumulato sufficienti livelli di competenza ed esperienza. Ancora una volta bisogna assumere una stretta complementarità tra l'apprendimento, come input di conoscenza, e altri input, sia interni, come i laboratori di R&S, sia esterni.

Si presenta adesso un caso molto interessante: nei mercati per la conoscenza, compaiono esternalità sia di domanda, sia di offerta, così come produzioni congiunte fanno sentire i loro effetti. Dal lato dell'offerta, la quantità di conoscenza generata dipende dal comportamento innovativo degli agenti, così come dal livello produttivo generale del sistema economico, per ciascun momento nel tempo e nel passato prossimo, per via del ruolo dell'apprendimento. Dal lato della domanda, com'è ben chiaro, le esternalità della rete che collega gli utenti della conoscenza esercitano un ruolo onnipresente. La posizione e l'inclinazione della curva della domanda dipende dalla posizione e dall'inclinazione della curva dell'offerta, e viceversa. Queste ultime a loro volta sono influenzate dalle condizioni a livello aggregato del sistema economico: i tassi di apprendimento dipendono dall'ammontare dell'output. È superfluo dire, tuttavia, che l'output aggregato è influenzato dall'ammontare di conoscenza tecnologica generata dal sistema, attraverso gli effetti sulla produttività totale dei fattori.

Ad ogni momento può essere trovata qualsiasi soluzione, ma tale soluzione non ha le caratteristiche standard di stabilità e replicabilità. Nei mercati della conoscenza tecnologica ciascun punto di equilibrio è imprevedibile. Piccoli shock, a livello aggregato come disaggregato, possono spingere il sistema ben lontano da qualsiasi previsione data. Nessun tipo di forza potrebbe riportare il sistema ai livelli toccati in una fase precedente. Nel cuore del sistema-mercato, la produzione e la distribuzione della conoscenza tecnologica sono caratterizzate da equilibri multipli, così come da effetti retroattivi a livello micro e macroeconomico, e in quanto tali, risultano sensibili a piccoli e inattesi shock. Le politiche macroeconomiche o monetarie possono avere conseguenze di lunga durata quando, e se, influenzano l'offerta congiunta di esperienza e di competenza, avendo di conseguenza un impatto sull'offerta di conoscenza tecnologica. La decisione strategica da parte delle imprese di aumentare la propria domanda o produzione di conoscenza tecnologica può

anche avere effetti di lunga durata cambiando i parametri del sistema. L'azione imprenditoriale, di conseguenza, potrebbe avere effetti diretti al livello del sistema economico, cambiando le condizioni dell'equilibrio. Il risultato può essere sia un successo sia un fallimento, a seconda degli esiti delle reazioni a catena che possono avere luogo.

Un sistema economico può restare intrappolato in un regime a bassa generazione di conoscenza, mentre altri potrebbero trovarsi in regimi ad alta generazione. La dipendenza dal sentiero intrapreso, a causa del ruolo dell'apprendimento e dell'interdipendenza, spiega i propri potenti effetti. Eventi di lieve entità possono spingere il sistema a oscillare da un regime all'altro con conseguenze durevoli. In tale contesto, l'elemento della coordinazione dinamica tra gli agenti e le istituzioni diventa ancora più importante per valutare l'esito complessivo di ciascuna singola azione.

Numerose condizioni complementari sono qui in gioco. Le imprese riescono meglio a cambiare le proprie tecnologie quando, grazie a sistemi di comunicazione efficaci, le esternalità locali possono tradursi in conoscenza collettiva; quando alti livelli di investimenti possono aiutare l'introduzione di nuove tecnologie; quando le dinamiche industriali sui mercati dei prodotti e degli input possono indurre cambiamenti tecnologici che a loro volta influenzano le condizioni concorrenziali delle imprese; quando processi stocastici aiutano l'interazione creativa di nuovi complementari tipi di conoscenza localizzata e nuove tecnologie a formare nuovi efficaci sistemi tecnologici; quando le dinamiche di feedback positivi possono effettivamente implementare le sequenze di apprendimento lungo sentieri tecnologici, così come le interazioni tra innovazione e diffusione. Tale insieme di condizioni dinamiche e sistemiche presenta caratteristiche fortemente stocastiche, ed è possibile che si verifichi in condizioni finite: è improbabile che il processo vada avanti all'infinito a causa dell'esaurimento delle combinazioni possibili. In queste circostanze, la generazione di nuova conoscenza tecnologica e l'introduzione di nuove tecnologie possono essere viste come causa e conseguenza della crescita economica discreta e dei rendimenti crescenti (Arrow 2000).

Un'accumulazione di conoscenza che abbia successo, la conseguente introduzione di nuove e più produttive tecnologie e la loro

veloce diffusione, infatti, avranno probabilmente luogo in un processo che si autoalimenta a spirale a un tasso più rapido in sistemi economici caratterizzati da intensi tassi di crescita, in cui le interazioni e le comunicazioni siano più frequenti ed efficienti.

L'innovazione è il risultato di condizioni al di fuori dell'equilibrio ed è la causa di condizioni di non equilibrio. Una chiara continuità, emersa fin dagli spunti biologici, proseguita nelle traiettorie, e infine nell'approccio sistemico della rete, conferma che l'innovazione può solo essere compresa in un quadro analitico che permetta di integrare l'analisi delle imprese e degli agenti che, allontanati continuamente dalle condizioni di equilibrio potenziale, tentano di reagire a eventi inaspettati sia sui mercati dei fattori, sia su quelli dei prodotti, attraverso l'introduzione di nuovi prodotti, nuovi processi, nuovi modelli organizzativi, nuovi mercati.

I risultati ottenuti dall'economia dell'innovazione sono a questo punto sufficientemente importanti da meritare un quadro analitico più ampio per sviluppare pienamente le proprie potenzialità speculative. L'economia dell'innovazione ha sviluppato un'importante serie di strumenti e di metodi di indagine che aiutano a comprendere i meccanismi attraverso i quali le imprese sono in grado di generare nuova conoscenza tecnologica e di adottare innovazioni tecnologiche. L'analisi delle determinanti del cambiamento tecnologico a livello dell'impresa, compie un importante passo avanti nella comprensione del tasso di introduzione delle innovazioni tecnologiche. L'analisi della direzione del cambiamento tecnologico, invece, riceve minore attenzione e il ruolo del contesto strutturale in cui il cambiamento tecnologico viene infine introdotto resta meno chiaro. In effetti, l'economia dell'innovazione sembra sempre meno in grado di conciliare l'analisi del tasso del cambiamento tecnologico con quella della sua direzione. Su un piano parallelo, l'analisi delle determinanti è più chiara al livello dell'impresa, che al livello del sistema.

Il ruolo delle caratteristiche strutturali del sistema economico nel complesso e nello specifico il ruolo della struttura dei prezzi relativi determinata dalla dotazione di input base e dalle dinamiche delle industrie e dei settori, possono offrire all'economia dell'innovazione un contesto in cui la comprensione delle determinanti e degli effetti delle innovazioni tecnologiche può venire maggiormente apprezzata e sviluppata.

Un lungo processo ha avuto luogo, fin dai lontani giorni della conoscenza considerata un bene pubblico. È stata elaborata una migliore comprensione delle dinamiche di accumulazione di conoscenza. Le questioni relative all'appropriabilità sembrano sempre meno rilevanti: a causa del carattere contestuale della conoscenza gli innovatori non sono considerati in grado di appropriarsi di rilevanti porzioni delle rendite generate dall'introduzione di nuova conoscenza. La domanda e la rete, tuttavia, rivestono un ruolo adesso molto più importante. Le transazioni sui mercati della conoscenza hanno effettivamente luogo, insieme alle interazioni basate sullo scambio e sulla reciprocità. Numerosi e vari meccanismi di governo sono stati delineati e implementati, o anche solo meglio compresi. La necessità di una politica economica appare ora più impellente che mai. La regolazione dei mercati per la conoscenza tecnologica non è sufficiente: il governo della conoscenza condivisa e come tale collettiva deve essere implementato a livello di sistema.

Un contesto di analisi in condizioni di non equilibrio, in grado di tenere conto delle dinamiche irregolari dell'intero sistema economico, comprese le interazioni verticali e orizzontali tra le imprese e tra le imprese e i consumatori finali, tra cui i mercati dei fattori, e di andare oltre una teoria dell'impresa innovativa, sembra chiaramente necessario. E questa è l'essenza del lascito di Schumpeter (Schumpeter 1928) che caratterizza l'economia dell'innovazione.

L'unione delle conquiste della 'vecchia' economia del cambiamento tecnologico, con quelle della 'giovane' economia dell'innovazione può favorire tale processo di ricontestualizzazione del percorso attraverso il quale la nuova conoscenza tecnologica e le nuove tecnologie sono generate e introdotte. Questo approccio fornisce gli elementi base per comprendere la ricorsiva determinazione del cambiamento strutturale e del cambiamento tecnologico, e aprire un nuovo e fertile terreno di ricerca per valutare il processo della crescita e del cambiamento economici. Questo più ampio contesto rende possibile superare le crescenti limitazioni dell'economia dell'innovazione che risulta sempre più vincolata in una teoria della competenza dell'impresa, e da una decrescente capacità speculativa nell'offrire un'analisi onnicomprensiva del processo generale di crescita e di cambiamento a livello di sistema (Antonelli 2003a).

Tale più ampio contesto d'analisi invece, appare sempre più necessario in quanto numerose e importanti conquiste dell'economia dell'innovazione, riguardo alla complementarità tra innovazione e disequilibrio, e circa il ruolo del contesto istituzionale in cui le imprese operano e sono in grado di innovare, sono trascurate dalla nuova teoria della crescita.

La nuova teoria della crescita endogena è stata in grado di adottare e adattare numerosi progressi compiuti e resi disponibili dall'economia dell'innovazione, e allo stesso tempo di tralasciare il nucleo chiave dell'analisi: l'esito evolutivo dell'interazione tra l'introduzione delle nuove tecnologie e i cambiamenti portati nel sistema economico. L'innovazione non è altro che parte di un processo più ampio di interazione tra gli effetti e le determinanti dei cambiamenti tecnologici e strutturali, che hanno luogo in condizioni che non possono essere di equilibrio.

L'economia dell'innovazione, collocata nell'ambito dell'analisi del disequilibrio, contribuisce in modo significativo a qualificare una teoria della crescita endogena, ma «path-dependent», capace di combinare elementi di irreversibilità, esternalità locali e non solo processi interattivi (positive feedbacks), ma anche e soprattutto capacità diffuse di reazione creativa e quindi processi innovativi indotti in cui naturalmente la storia ha rilievo e tuttavia non in modo deterministico.

In questo ambito, l'economia dell'innovazione consente infatti di apprezzare il ruolo delle irreversibilità associate sia alla dotazione dei fattori produttivi a livello di sistema economico che alla durata dei capitali tangibili e non, a livello di impresa, come fattori che sollecitano processi di aggiustamento basati sull'introduzione di innovazioni, indotte dallo scostamento tra aspettative e realtà nei mercati dei fattori e dei prodotti. La reazione creativa e quindi l'introduzione di innovazioni fortemente localizzate dagli elementi di irreversibilità avranno probabilità tanto maggiori di successo quanto maggiori sono le esternalità tecnologiche, in altre parole migliore è l'ambiente esterno in termini di complementarità e interdipendenze positive nella messa a punto di nuova conoscenza tecnologica e nuove tecnologie, tra agenti colocalizzati sia nello spazio tecnologico che geografico.

È proprio in questo ambito che assume rilevanza il governo del-

le attività innovative e in particolare del sistema di interdipendenze che possono stabilirsi tra le imprese e tra queste e le istituzioni specializzate nella ricerca di base. Il carattere stocastico dei processi innovativi e l'indeterminatezza dei risultati della reazione creativa delle imprese rendono centrale la funzione di governo delle esternalità tecnologiche. Eventuali rendimenti crescenti di adozione, tipicamente basati su esternalità di rete dal lato della domanda, specie se associati a economie di scala e di scopo nella produzione, rafforzano evidentemente il carattere non-ergodico, ma pur sempre flessibile del processo⁶.

La storia 'conta' nella definizione delle condizioni di irreversibilità e di prossimità, ma non è in grado di definire in modo deterministico⁷ gli esiti del processo. Questi dipendono in misura prevalente, e comunque in un contesto stocastico, dalle caratteristiche del sentiero, e dunque dalla sequenza di eventi, lungo il quale si produce il cammino degli agenti. Questi agenti sono infatti certamente 'miopi', in quanto non sono in grado di rappresentarsi perfettamente il futuro, ma anche capaci di reagire in modo creativo introducendo delle innovazioni. Le innovazioni a loro volta riflettono i caratteri contingenti del contesto locale in cui vengono introdotte, oltre che della loro collocazione rispetto a una sequenza di eventi.

⁶ In questo senso l'analisi della dipendenza dal sentiero dei processi di crescita consente di superare la tradizione neoclassica in cui il tempo storico non ha rilievo e dunque si assume un carattere perfettamente ergodico della dinamica, senza tuttavia cadere in analisi deterministiche, in cui l'esito dei processi è perfettamente delineato dalle loro origini. Al contrario, il tempo storico definisce le cause e le condizioni nelle quali si inscrivono le reazioni creative di una miriade di agenti miopi e incapaci di prevedere perfettamente il futuro. Questo approccio è certamente non-ergodico, ma assume maggiori ed essenziali elementi di indeterminatezza e flessibilità nella rappresentazione dinamica dei processi e soprattutto dei loro esiti. In questo approccio certo la storia 'conta', ma anche l'azione di ogni singolo agente ad ogni momento dato è capace di esercitare effetti significativi.

⁷ Si dovrebbe allora parlare di «past-dependence» invece che di «path-dependence».

Bibliografia

- Abbate, J. (1999), *Inventing the Internet*, Cambridge, Mass., MIT Press.
- Abernathy, W. J. e Utterback, J. M. (1978), «Patterns of innovation in technology» in *Technology Review*, 80, pp. 40-47.
- Abramovitz, M. (1956), «Resources and output trends in the US since 1870» in *American Economic Review*, 46, pp. 5-23.
- (1979), «Rapid growth potential and its realization: the experience of the capitalist economies in the postwar period» in Malinvaud, E. (a cura di), *Economic growth and resources*, London, Macmillan.
- (1989), *Thinking about Growth*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Acs, Z. J. e Audretsch, D. B. (1990), *Innovation and Small Firms*, Cambridge, Mass., MIT Press.
- Aghion, P. e Howitt, P. (1998), *Endogenous Growth Theory*, Cambridge, Mass., MIT Press.
- Ahmad, S. (1966), «On the theory of induced invention» in *Economic Journal*, 76, pp. 344-47.
- Alchian, A. A. e Demsetz, H. (1972), «Production information costs and economic organization» in *American Economic Review*, 62, pp. 777-95.
- Amendola, M. (1976), *Macchine produttività e progresso tecnico*, Milano, ISEDI.
- Amendola, M. e Gaffard, J. L. (1988), *The Innovative Choice, An Economic Analysis of the Dynamics of Technology*, Oxford, Basil Blackwell.
- (1998), *Out of Equilibrium*, Oxford, Clarendon Press.
- Antonelli, C. (1982), *Cambiamento tecnologico e teoria dell'impresa*, Torino, Loescher.

- (1986), *L'attività innovativa in un distretto tecnologico*, Torino, Edizioni della Fondazione Agnelli.
- (1989), «A failure inducement model of research and development expenditure: Italian evidence from the early 1980's» in *Journal of Economic Behavior and Organization*, 12, pp. 159-60.
- (1990), «Induced adoption and externalities in the regional diffusion of new information technology» in *Regional Studies*, 24, pp. 31-40.
- (1991), *The Diffusion of Advanced Telecommunications in Developing Countries*, Paris, OECD.
- (1993a), «Externalities and complementarities in telecommunications dynamics» in *International Journal of Industrial Organization*, 11, pp. 437-38.
- (1993b), «The dynamics of technological interrelatedness. The case of information and communication technologies» in Foray, D. e Freeman, C. (a cura di), *Technology and the Wealth of Nations*, London, Francis Pinter.
- (1995), *The Economics of Localized Technological Change and Industrial Dynamics*, Boston, Kluwer.
- (1999), *The Microdynamics of Technological Change*, London, Routledge.
- (2001a), «Cambiamento tecnologico: Prezzi relativi e dinamiche della crescita produttiva» in *Tecnologia e società*, Accademia dei Lincei, Roma.
- (2001b), *The Microeconomics of Technological Systems*, Oxford, Oxford University Press.
- (2002), «The economics of knowledge and the governance of knowledge commons» in *Revista Brasileira de Inovação*, 1, pp. 54-78.
- (2003a), *The Economics of Innovation, New Technologies and Structural Change*, London, Routledge.
- (2003b), «Knowledge complementarity and fungeability: Implications for regional strategy» in *Regional Studies*, 39 (6-7), pp. 595-606.
- (2003c), «The digital divide: Understanding the economics of new information and communication technology in the global economy» in *Information Economics and Policy*, 15, pp. 173-99.
- (2004), «The economics of governance: The role of localized technological change in the interdependence among transaction, coordination and production» in Green, K., Miozzo, M. e Dewick, P. (a cura di), *Technology Knowledge and the Firm: Implications for Strategy and Industrial Change*, Aldershot, Edward Elgar.

Bibliografia

- Antonelli, C. (a cura di) (1988), *New Information Technology and Industrial Dynamics*, Boston and Dordrecht, Kluwer Academic.
- (a cura di) (1992), *The Economics of Information Networks*, Amsterdam, Elsevier.
- (a cura di) (1999), *Conoscenza tecnologica*, Torino, Edizioni della Fondazione Giovanni Agnelli.
- Antonelli, C. e Calderini, M. (2001), *Le misure della ricerca. Attività scientifica a Torino*, Torino, Edizioni della Fondazione Giovanni Agnelli.
- Antonelli, C., Petit, P. e Tahar, G. (1992), *The Economics of Industrial Modernization*, Cambridge, Academic Press.
- Antonelli, C. e Quéré, M. (2002), «The governance of interactive learning within innovation systems» in *Urban Studies*, 39, pp. 1051-63.
- Aoki, M. (1988), *Information Incentives and Bargaining in the Japanese Economy*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Archibugi, D. e Michie, J. (1995), «The globalisation of technology: a new taxonomy» in *Cambridge Journal of Economics*, 19, pp. 121-40.
- Archibugi, D. e Michie, J. (a cura di) (1997), *Technology Globalisation and Economic Performance*, Cambridge, Cambridge University Press.
- (a cura di) (1998), *Trade Growth and Technical Change*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Argyres, N. S. (1995), «Technology strategy governance structure and interdivisional coordination» in *Journal of Economic Behavior and Organization*, 28, pp. 337-58.
- Argyres, N. S. e Liebeskind, J. P. (1998), «Privatizing the intellectual commons: universities and the commercialization of biotechnology» in *Journal of Economic Behavior and Organization*, 35, pp. 427-54.
- Arora, A. e Gambardella, A. (1994), «The changing technology of technological change: general and abstract knowledge and the division of innovative labor» in *Research Policy*, 23, pp. 523-32.
- Arora, A., Fosfuri, A. e Gambardella, A. (2001), *Markets for Technology*, Cambridge, Mass., MIT Press.
- Arrow, K. J. (1962a), «Economic welfare and the allocation of resources for invention» in Nelson, R. R. (a cura di), *The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors*, Princeton, Princeton University Press.
- (1962b), «The economic implications of learning by doing» in *Review of Economic Studies*, 29, pp. 155-73.

- (1969), «Classificatory notes on the production and transmission of technical knowledge» in *American Economic Review*, P&P, 59, pp. 29-35.
- (2000), «Increasing returns: historiographic issues and path dependence» in *European Journal of History of Economic Thought*, 7, pp. 171-80.
- Arthur, B. (1989), «Competing technologies increasing returns and lock-in by small historical events» in *Economic Journal*, 99, pp. 116-31.
- (1994), *Increasing Returns and Path Dependence in the Economy*, Ann Arbor, Michigan University Press.
- Atkinson, A. B. e Stiglitz, J. E. (1969), «A new view of technological change» in *Economic Journal*, 79, pp. 573-78.
- Audretsch, D. B. (1995), *Innovation and Industry Evolution*, Cambridge, Mass., MIT Press.
- Audretsch, D. B. e Feldman, M. (1996), «Spillovers and the geography of innovation and production» in *American Economic Review*, 86, pp. 630-40.
- Audretsch, D. B. e Klepper, S. (a cura di) (2000), *Innovation Evolution of Industry and Economic Growth*, Cheltenham, Edward Elgar.
- Audretsch, D. B., Menkveld, A. J. e Thurik, A. R. (1996), «The decision between internal and external R&D» in *Journal of Institutional and Theoretical Economics*, 152, pp. 519-30.
- Audretsch, D. B., Santarelli E. e Vivarelli, M. (1999), «Start-up size and industrial dynamics: some evidence from Italian manufacturing» in *International Journal of Industrial Organization*, 17, pp. 965-83.
- Audretsch, D. B. e Stephan, P. E. (1996), «Company-scientist locational links: The case of biotechnology» in *American Economic Review*, 86, pp. 641-52.
- Autant-Bernard, C. (2001), «Science and knowledge flow: evidence from the French case» in *Research Policy*, 30, pp. 1069-78.
- Baumol, W. J. (1982), «Contestable markets: An uprising in the theory of industry structure» in *American Economic Review*, 72, pp. 1-15.
- (1986), «Productivity growth convergence and welfare: what the long-run data show» in *American Economic Review*, 78, pp. 1072-85.
- Baumol, W. J., Nelson, R. R. e Wolff, E. N. (a cura di) (1994), *Convergence of Productivity. Cross-National Studies and Historical Evidence*, Oxford, Oxford University Press.
- Belussi, F. (1999), «Policies for the development of knowledge-intensive local production systems» in *Cambridge Journal of Economics*, 23, pp. 729-47.

Bibliografia

- Belussi, F. e Gottardi, G. (a cura di) (2002), *Evolutionary Patterns of Local Industrial Systems*, Aldershot, Ashgate.
- Bijker, W. E. et al. (a cura di) (1987), *The Social Construction Of Technological Systems*, Cambridge, MIT Press.
- Binswanger, H. P. e Ruttan, V. W. (1978) (a cura di), *Induced Innovation: Technology Institutions and Development*, Baltimore, Johns Hopkins University Press.
- Blaug, M. (1963), «A survey of the theory of process-innovations» in *Economica*, 30, pp. 13-32.
- Breschi, S. (2000), «The geography of innovation: a cross-sector analysis» in *Regional Studies*, 34, pp. 213-29.
- Breschi, S. e Malerba, F. (1997), «Sectoral innovation systems» in Edquist, C. (a cura di), *Systems of Innovation. Technologies, Institutions and Organizations*, London, Pinter.
- Breschi, S., Malerba, F. e Orsenigo, L. (2000), «Technological regimes and Schumpeterian patterns of innovation» in *Economic Journal*, 110, pp. 388-410.
- Bresnahan, T. F. e Trajtenberg, M. (1995), «General purpose technologies: 'Engines of growth'?» in *Journal of Econometrics*, 65, pp. 83-108.
- Brynjolfsson, E. e Kahin, B. (a cura di) (2001), *Understanding Digital Economy*, Cambridge, Mass., MIT Press.
- Buzzacchi, L. e Colombo, M. G. (1996), «Business groups and the determinants of corporate ownership» in *Cambridge Journal of Economics*, 20, pp. 31-55.
- Buzzacchi, L., Colombo, M. G. e Mariotti, S. (1995), «Technological regimes and innovation in services: the case of Italian banking industry» in *Research Policy*, 24, pp. 151-68.
- Calderini, M. e Garrone, P. (2001), «Liberalisation, industry turmoil and the balance of R&D activities» in *Information Economics and Policy*, 13, pp. 199-230.
- Calderini, M., Garrone, P. e Sobrero, M. (a cura di) (2002), *Corporate Governance, Market Structure and Innovation*, London, Edward Elgar.
- Callon, M. (1989), *La science et ses réseaux. Genèse et circulation des faits scientifiques*, Paris, La Découverte.
- Capello, R. (1999), «Spatial transfer of knowledge in high technology milieu: learning versus collective learning processes» in *Regional Studies*, 33, pp. 353-65.

- Capello, R. e Nijkamp, P. (1996), «Regional variations in production network externalities» in *Regional Studies*, 30, pp. 225-37.
- Carroll, G. R. e Teece, D. J. (a cura di) (1999), *Firms Markets and Hierarchies. The Transaction Cost Economics Perspective*, Oxford, Oxford University Press.
- Caves, R. (2000), *Creative Industries. Contracts between Art and Commerce*, Cambridge, Mass., Harvard University Press.
- Chenery, M. e Elkinton, H. (1975), *Patterns of Development*, Oxford, Oxford University Press for the World Bank.
- Chenery, H., Robinson, S. e Syrquin, M. (1986), *Industrialization and Growth*, Oxford, Oxford University Press for the World Bank.
- Clark, G. L., Feldman, M. e Gertler, M. S. (a cura di) (2000), *The Oxford Handbook of Economic Geography*, Oxford, Oxford University Press.
- Cohendet, P., Llerena, P., Stahn, H. e Umbhauer, G. (1998), *The Economics of Networks*, Berlin, Springer-Verlag.
- Cooke, P. (2002), *Knowledge Economies*, Routledge, London.
- Cooper, D. P. (2001), «Innovation and reciprocal externalities: information transmission via job mobility» in *Journal of Economic Behavior and Organization*, 45, pp. 403-25.
- Cowan, R. e Jonard, N. (2002), «The working of scientific communities» in Geuna, A., Salter, A. e Steinmueller, W. E. (a cura di), *Science and innovation. Rethinking the rationales for funding and governance*, Aldershot, Edward Elgar.
- Cozzi, T. e Marchionatti, R. (a cura di) (2000), *Piero Sraffa's Political Economy. A Centenary Estimate*, London, Routledge.
- Cowan, R., David, P. A. e Foray, D. (2000), «The explicit economics of knowledge codification and tacitness» in *Industrial and Corporate Change*, 9, pp. 211-53.
- Crandall, R. W. e Flamm, K. (a cura di) (1989), *Changing the Rules: Technological Change International Competition and Regulation in Communications*, Washington, The Brookings Institution.
- Cusumano, M. A. e Selby, R. H. (1995), *Microsoft Secrets*, New York, The Free Press.
- Cyert, R. M. e March, J. C. (1963), *A Behavioral Theory of the Firm*, Englewood Cliffs, Prentice-Hall.
- Dasgupta, P. (1996), *Technology and Creativity*, Oxford, Oxford University Press.

Bibliografia

- Dasgupta, P. e Stiglitz, J. E. (1980), «Industrial structure and the nature of innovative activity» in *Economic Journal*, 90, pp. 266-93.
- David, P. A. (1975), *Technical Choice Innovation and Economic Growth*, Cambridge, Cambridge University Press.
- (1985), «Clio and the economics of QWERTY» in *American Economic Review*, 75, pp. 332-37.
 - (1987), «Some new standards for the economics of standardization in the information age» in Dasgupta, P. e Stoneman, P. (a cura di), *Economic Policy and Technological Performance*, Cambridge, Cambridge University Press.
 - (1990), «The dynamo and the computer: a historical perspective on the productivity paradox» in *American Economic Review*, P&P, 80, pp. 355-61.
 - (1992), «Heroes herds and hysteresis in technological history» in *Industrial and Corporate Change*, 1, pp. 129-79.
 - (1993), «Knowledge property and the system dynamics of technological change» in *Proceedings of the World Bank Annual Conference on Development Economics*, Washington, The World Bank.
 - (1994), «Positive feed-backs and research productivity in science: reopening another black box» in Granstrand, O. (a cura di), *Economics and Technology*, Amsterdam, Elsevier.
 - (1997a), «From market magic to calypso science policy: a review of Terence Kealey's 'The economic laws of scientific research'» in *Research Policy*, 26, pp. 229-55.
 - (1997b), «Path dependence and the quest for historical economics: one more chorus of the ballad of QWERTY», University of Oxford Discussion Papers, in *Economic and Social History*, 20.
 - (1998), «Communication norms and the collective cognitive performance of 'Invisible Colleges'» in Navaretti, G. B. et al. (a cura di), *Creation and the Transfer of Knowledge: Institutions and Incentives*, Berlin, Heidelberg, New York, Springer-Verlag.
 - (2001), «Understanding digital technology's evolution and the path of measured productivity growth: Present and future in the mirror of the past» in Brynolfsson, E. e Kahin, B. (a cura di), *Understanding Digital Economy*, Cambridge, Mass., MIT Press.
- David, P. A. e Foray, D. (1994), «The economics of EDI standards diffusion» in Pogorel, G. (a cura di), *General Telecommunications Strategies and Technological Changes*, Amsterdam, North Holland.

- DeBresson, C. e Townsend, J. (1978), «Notes on the inter-industrial flow of technology in post-war Britain» in *Research Policy*, 7, pp. 48-60.
- Dorfman, N. (1987), *Innovation and Market Structure: Lessons from the Computer and Semiconductor Industry*, Cambridge, Mass., Ballinger.
- Dosi, G. (1982), «Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technological change» in *Research Policy*, 11, pp. 147-62.
- (1988), «Sources procedures and microeconomic effects of innovation» in *Journal of Economic Literature*, 26, pp. 1120-71.
- Dosi, G. et al. (1998), *Technical Change and Economic Theory*, London, Pinter.
- Dosi, G. e Egidi, M. (1991), «Substantive and procedural uncertainty: an exploration of economic behaviours in changing environments» in *Journal of Evolutionary Economics*, pp. 145-79.
- Duysters, G. (1996), *The Dynamics of Technical Innovation. The Evolution and Development of Information Technology*, Cheltenham, Edward Elgar.
- Egidi, M. (1992), *Economics, Bounded Rationality and the Cognitive Revolution*, Aldershot, Edward Elgar.
- Elster, J. (1983), *Explaining Technical Change*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Eltis, W. A. (1971), «The determination of the rate of technical progress» in *Economic Journal*, 61, pp. 502-24.
- Etzkowitz, H. e Leydesdorff, L. (2000), «The dynamics of innovation: from national systems and 'Mode 2' to triple helix of university-industry-government relations» in *Research Policy*, 29, pp. 109-23.
- Foray, D. (2000), *L'économie de la Connaissance*, Paris, La Découverte.
- Foss, N. J. (1997), *Resources Firms and Strategies. A Reader in the Resource-Based Perspective*, Oxford, Oxford University Press.
- (1998), «The resource-base perspective: an assessment and diagnosis of problems» in *Scandinavian Journal of Management*, 15, pp. 1-15.
- Foss, N. e Mahnke, V. (a cura di) (2000), *Competence Governance and Entrepreneurship*, Oxford, Oxford University Press.
- Fransman, M. (1995), *Japan's Computer and Communications Industry*, Oxford, Oxford University Press.
- (1999), *Visions of Innovation*, Oxford, Oxford University Press.
- Freeman, C. (1991), «Networks of innovators: a synthesis of research issues» in *Research Policy*, 20, pp. 499-514.

Bibliografia

- (1994), «The economics of technical change» in *Cambridge Journal of Economics*, 18, pp. 463-514.
- Freeman, C., Clark, J. e Soete, L. (1982), *Unemployment and Technical Innovation. A Study of Long Waves and Economic Development*, London, Pinter.
- Freeman, C. e Louca, F. (2001), *As Time Goes By: From Industrial Revolution to Information Revolution*, Oxford, Oxford University Press.
- Friedman, M. (1992), «Do old fallacies ever die?» in *Journal of Economic Literature*, 30, pp. 2129-32.
- Furubotn, E. G. (2001), «The new institutional economics and the theory of the firm» in *Journal of Economic Behavior and Organization*, 45, pp. 133-53.
- Garrone, P., Mariotti, S. e Sgobbi, F. (2002), «Technological innovation in telecommunications: an empirical analysis of specialisation paths» in *Economics of Innovation and New Technology*, 11, pp. 1-23.
- Garrouste, P. e Ioannides, S. (a cura di) (2001), *Evolution and Path Dependence in Economic Ideas. Past and Present*, Cheltenham, Edward Elgar.
- Geuna, A. (1999), *The Economics of Knowledge Production*, Cheltenham, Edward Elgar.
- Geuna, A., Salter, A. e Steinmueller, W. E. (a cura di) (2002), *Science and Innovation. Rethinking the Rationales for Funding and Governance*, Cheltenham, Edward Elgar.
- Geroski, P. (1991), *Market Dynamics and Entry*, Oxford, Basil Blackwell.
- Gibbons, M., Limoges, C., Nowotny, H., Schwarzman, S., Scott, P. e Trow, M. (1994), *The New Production of Knowledge. The Dynamics of Research in Contemporary Societies*, London, SAGE Publications.
- Giudici, G. e Paleari, S. (2000), «The provision of finance to innovation: a survey conducted among Italian technology-based small firms» in *Small Business Economics*, 14, pp. 37-53.
- Goddard, F. O. (1970), «Harrod-neutral economic growth with Hicks-biased technological progress» in *Southern Economic Journal*, 26, pp. 300-8.
- Gottardi, G. e Bolisani, E. (1996), «A critical perspective on information technology management: the case of electronic data interchange» in *International Journal of Technology Management*, 12, pp. 369-90.
- Gould, S. J. (2002), *The Structure of Evolutionary Theory*, Cambridge, Mass., Harvard University Press.

- Griliches, Z. (1957), «Hybrid corn: An exploration in the economics of technical change» in *Econometrica*, 25, pp. 501-22.
- (1969), «Capital-skill complementarity» in *Review of Economics and Statistics*, 51, pp. 465-68.
- (1979), «Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth» in *Bell Journal of Economics*, 10, pp. 92-116.
- (1992), «The search for R&D spillovers» in *Scandinavian Journal of Economics*, 94, pp. 29-47.
- (1997), «The discovery of the residual» in *Journal of Economic Literature*, 34, pp. 1324-30.
- Grindley, P. (1995), *Standards Strategy and Policy: Cases and Stories*, Oxford, Oxford University Press.
- Grossman, S. J. e Hart, O. D. (1986), «The costs and benefits of ownership: a theory of vertical integration» in *Journal of Political Economy*, 94, pp. 691-719.
- Guilhon, B. (a cura di) (2001), *Technology and Markets for Knowledge. Knowledge Creation, Diffusion and Exchange within a Growing Economy*, Boston, Kluwer Academic.
- Habakkuk, H. J. (1962), *American and British Technology in the Nineteenth Century*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Harrod, R. F. (1939), «An essay in dynamic theory» in *Economic Journal*, 49, pp. 14-23.
- Hart, O. D. (1995), *Firms Contracts and Financial Structure*, Clarendon Lectures in Economics, Oxford, Oxford University Press.
- Hayek, F. A. (1945), «The use of knowledge in society» in *American Economic Review*, 35, pp. 519-30.
- Heertje, A. (1973), *Economics and Technological Change*, London, Weidenfeld and Nicolson.
- Helpman, E. (a cura di) (1998), *General Purpose Technologies and Economic Growth*, Cambridge, Mass., MIT Press.
- Hicks, J. R. (1932), *The Theory of Wages*, London, Macmillan.
- (1976), «Time in economics» in Hicks, J. R., *Collected Essays on Economic Theory*, Vol. II, Oxford, Basil Blackwell.
- Holmström, B. e Roberts, J. (1998), «The boundaries of the firm revisited» in *Journal of Economic Perspectives*, 12, pp. 73-94.
- Howells, J. (1999), «Research and technological outsourcing» in *Technology Analysis & Strategic Management*, 11, pp. 17-29.

Bibliografia

- Katz, M. e Shapiro, C. (1985), «Network externalities competition and compatibility» in *American Economic Review*, 75, pp. 424-40.
- Kingston, W. (2001), «Innovation needs patents reform» in *Research Policy*, 30, pp. 403-23.
- Klepper, S. (1996), «Entry exit and innovation over the product life cycle» in *American Economic Review*, 86, pp. 562-83.
- Klepper, S. e Graddy, E. (1990), «The evolution of new industries and the determinants of market structure» in *Rand Journal of Economics*, 21, pp. 27-44.
- Klepper, S. e Miller, J. H. (1995), «Entry exit and shakeouts in the United States in new manufactured products» in *International Journal of Industrial Organization*, 13, pp. 567-91.
- Klepper, S. e Simons, K. L. (2000), «The making of an oligopoly: firm survival and technological change in the evolution of the US tire industry» in *Journal of Political Economy*, 108, pp. 728-60.
- Kline, S. J. e Rosenberg, N. (1986), «An overview of innovation» in Landau, R. e Rosenberg, N. (a cura di), *The Positive Sum Strategy*, Washington, National Academy Press.
- Knorr Cetina, K. (1981), *The manufacture of knowledge: an essay on the constructivist and contextual nature of science*, Oxford, Oxford University Press.
- Krugman, P. R. (1991), *Geography and Trade*, Cambridge, Mass., MIT Press.
- (1995), *Development Geography and Economic Theory*, Cambridge, Mass., MIT Press.
- Kuhn, T. (1962), *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago, University of Chicago Press.
- Lamberton, D. (a cura di) (1971), *Economics of Information and Knowledge*, Harmondsworth, Penguin.
- Landau, R., Taylor, T. e Wright, G. (1986), *The Mosaic of Economic Growth*, Stanford, Stanford University Press.
- Langlois, R. (1986), *Economics as a process: Essays in the new institutional economics*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Latour, B. (1987), *Science in Action. How To Follow Scientists and Engineers in Society*, Cambridge, Harvard University Press.
- Lerner, J. (2001), *The money of invention*, Boston, Harvard Business School Press.

- Lissoni, F. (2000a), «Technological expectations and the diffusion of 'intermediate' technologies» in *Economics of Innovation and New Technology*, 9, pp. 487-515.
- (2000b), «Knowledge codification and the geography of innovation: the case of Brescia mechanical cluster» in *Research Policy*, 30, pp. 1479-500.
- Loasby, B. J. (1999), *Knowledge Institutions and Evolution in Economics*, London, Routledge.
- Lundvall, B.-Å. (1985), *Product Innovation and User-Producer Interaction*, Aalborg, Aalborg University Press.
- (1995), *Product Innovation and User-Producer Interaction*, Aalborg, Aalborg University Press.
- Lypsey, R., Bekar, C. e Carlaw, K. (1998), «General purpose technologies: What requires explanation» in Helpman, E. (a cura di), *General Purpose Technologies and Economic Growth*, Cambridge, MIT Press.
- Machlup, F. (1962), *The Production and Distribution of Knowledge in the United States*, Princeton, Princeton University Press.
- Malerba, F. (1985), *The Semiconductor Industry. The Economics of Rapid Growth and Decline*, London, Frances Pinter.
- (1992), «Learning by firms and incremental technical change» in *Economic Journal*, 102, pp. 845-59.
- Malerba, F. e Orsenigo, L. (1995), «Schumpeterian patterns of innovation» in *Cambridge Journal of Economics*, 19, pp. 47-65.
- (1996), «The dynamics and evolution of industries» in *Industrial and Corporate Change*, 5, pp. 51-87.
- Malerba, F. e Torrisi, S. (1996), «The dynamics of market structure and innovation in the western software industry» in Mowery, D. (a cura di), *The International Computer Software Industry. A Comparative Study of Industry Evolution and Structure*, Oxford, Oxford University Press.
- Mansell, R. (1994), *The New Telecommunications*, New York, Sage.
- (2001), «Digital opportunities and the missing link for developing countries» in *Oxford Journal of Economic Policy*, 17, pp. 282-95.
- Mansell, R. e Wehen, U. (a cura di) (1998), *Knowledge Societies. Information Technology for Sustainable Development*, Oxford, Oxford University Press for the United Nations Commission on Science and Technology for Development.

Bibliografia

- March, J. C. e Simon, H. A. (1958), *Organizations*, New York, John Wiley & Sons.
- Marchionatti, R. (1999), «On Keynes' animal spirits» in *Kyklos*, 52, pp. 415-39.
- (2000), «Sraffa and the criticism of Marshall in the 1920s» in Cozzi, T. e Marchionatti, R. (a cura di), *Piero Sraffa's Political Economy. A Centenary Estimate*, Routledge, London.
- Marmolo, E. (1999), «A constitutional theory of public goods» in *Journal of Economic Behavior and Organization*, 38, pp. 27-42.
- Mazzoleni, R. e Nelson, R. R. (1998), «The benefits and the costs of strong patent protection: A contribution to the current debate» in *Research Policy*, 27, pp. 273-84.
- Menard, C. (a cura di) (2000), *Institutions Contracts and Organizations. Perspectives from New Institutional Economics*, Aldershot, Edward Elgar.
- Martin, S. (1993), *Advanced Industrial Economics*, Oxford, Basil Blackwell.
- Merton, R. (1973), *The Sociology of Science: Theoretical and Empirical Investigations*, Chicago, University of Chicago Press.
- Metcalf, J. S. (1981), «Impulse and diffusion in the study of technical change» in *Futures*, 13, pp. 347-59.
- (1995a), «Technology systems and technology policy in historical perspective» in *Cambridge Journal of Economics*, 19, pp. 25-47.
- (1995b), «The economic foundation of technology policy: equilibrium and evolutionary perspectives» in Stoneman, P. (a cura di), *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*, Oxford, Basil Blackwell.
- (1997), *Evolutionary Economics and Creative Destruction*, London, Routledge.
- Milgrom, P. e Roberts, J. (1995), «Complementarities and fit: strategy structure and organizational change in manufacturing» in *Journal of Accounting and Economics*, 19, pp. 179-208.
- Misa, T. J. (1995), «Retrieving sociotechnical change from technological determinism» in Smith, M. R. e Marx, L. (a cura di), *Does Technology Drive History? The Dilemma of Technological Determinism*, Cambridge, Mass., MIT Press.
- Mokyr, J. (1990), *The Lever of Riches. Technological Creativity and Economic Progress*, Oxford, Oxford University Press.

- Momigliano, F. (1975), *Economia industriale e teoria dell'impresa*, Bologna, Il Mulino.
- Mowery, D. C. (a cura di) (1996), *The International Computer Software Industry. A Comparative Study of Industry Evolution and Structure*, Oxford, Oxford University Press.
- Nelson, R. R. (a cura di) (1993), *National Systems of Innovation*, Oxford, Oxford University Press.
- Nelson, R. R. e Sampat, B. (2001), «Making sense of institutions as a factor shaping economic performance» in *Journal of Economic Behavior and Organization*, 44, pp. 31-54.
- Nelson, R. R. e Winter, S. G. (1982), *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Cambridge, Mass., Harvard University Press.
- Nooteboom, B. (2000), *Learning and Innovation in Organizations and Economics*, Oxford, Oxford University Press.
- Orsenigo, L. (1989), *The Emergence of Biotechnology. Institutions and Markets in Industrial Innovation*, London, Pinter.
- Oxley, Joanne E. (1999), «Institutional environment and the mechanisms of governance: The impact of intellectual property protection on the structure of inter-firm alliances» in *Journal of Economic Behavior and Organization*, 38, pp. 283-309.
- Paci, R., Sassu, A. e Usai, S. (1997), «International patenting and national technological specialisation» in *Technovation*, 17, pp. 25-38.
- Paci, R. e Usai, S. (2000), «Technological enclaves and industrial districts: an analysis of the regional distribution of innovative activity in Europe» in *Regional Studies*, 34, pp. 97-114.
- Patrucco, P. P. (2002), «Social and contractual interactions in the production of technological knowledge» in *Information Economics and Policy*, 14, pp. 405-16.
- (2003), «Institutional variety, networking and knowledge exchange: Communication and innovation in the case of the Brianza technological district» in *Regional Studies*, 37 (2), pp. 159-72.
- (2004), «The emergence of technology systems: knowledge production and distribution in the case of the Emilian plastics district» in *Cambridge Journal of Economics*, forthcoming.
- Pavitt, K. (1984), «Sectorial patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory» in *Research Policy*, 13, pp. 343-75.
- (2000), *Technology, Management and Systems of Innovation*, Cheltenham, Edward Elgar.

Bibliografia

- Pavitt, K., Robson, M. e Townsend, J. (1989), «Technological accumulation, diversification and organisation in UK companies (1945-1983)» in *Management Science*, 35, pp. 81-99.
- Penrose, E. (1959), *The Theory of the Growth of the Firm*, Oxford, Basil Blackwell.
- Perroux, F. (1964), *L'Economie du XX Siècle*, Paris, Economica.
- Pianta, M. (1995), «Technology and growth in OECD countries 1970-1990» in *Cambridge Journal of Economics*, 19, pp. 175-87.
- Pianta, M. e Vivarelli, M. (1999), «Employment dynamics and structural change in Europe» in Fagerberg, J., Guerrieri, P. e Verspagen, B. (a cura di), *The Economic Challenge for Europe. Adapting to Innovation-Based Growth*, Cheltenham, Edward Elgar.
- Polanyi, M. (1958), *Personal knowledge. Towards a post-critical philosophy*, London, Routledge&Kegan Paul.
- (1966), *The Tacit Dimension*, London, Routledge&Kegan Paul.
- Quah, D. (2001), «The weightless economy in economic development» in Pohjola, M. (a cura di), *Information Technology Productivity, and Economic Growth. International Evidence and Implications for Economic Development*, Oxford, Oxford University Press.
- Richardson, G. B. (1960), *Information and Investment*, Oxford, Oxford University Press.
- (1972), «The organisation of industry» in *Economic Journal*, 82, pp. 883-96.
- Robinson, J. (1937), «The classification of inventions» in *Review of Economic Studies*, 6, pp. 139-42.
- Romer, P. M. (1986), «Increasing returns and long run growth» in *Journal of Political Economy*, 94, pp. 1002-37.
- (1990), «Endogeneous technological change» in *Journal of Political Economy*, 98, pp. 71-102.
- Rosenberg, N. (a cura di) (1971), *The Economics of Technological Change*, Harmondsworth, Penguin.
- (1976), *Perspectives on Technology*, Cambridge, Cambridge University Press.
- (1982), *Inside The Black Box. Technology and Economics*, Cambridge, Cambridge University Press.
- (2000), *Schumpeter and the Endogeneity of Technology. Some American Perspectives*, London, Routledge.

- Ruttan, V. W. (1997), «Induced innovation evolutionary theory and path dependence: Sources of technical change» in *Economic Journal*, 107, pp. 1520-29.
- (2001), *Technology Growth and Development. An Induced Innovation Perspective*, Oxford, Oxford University Press.
- Rycroft, R. W. e Kash, D. E. (1999), *The Complexity Challenge*, London, Pinter.
- Salter, W. E. G. (1960), *Productivity and Technical Change*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Samuelson, P. A. (1965), «A theory of induced innovation along Kennedy-Weizsacker lines» in *Review of Economics and Statistics*, 47, pp. 343-56.
- Santarelli, E. e Piergiovanni, R. (1995), «The determinants of firm start-up and entry in Italian producer services» in *Small Business Economics*, 7, pp. 221-330.
- Santarelli, E. e Sterlacchini, A. (1994), «New firm formation in Italian industry 1985-1989» in *Small Business Economics*, 6, pp. 95-106.
- Sato, R. e Suzawa, G. S. (1983), *Research and Productivity. Endogenous Technical Change*, Boston, Auburn House Publishing Company.
- Saul, S. B. (a cura di) (1970), *Technological Change. The United States and Britain in the 19th Century*, London, Methuen.
- Scherer, F. M. (1984), *Innovation and Growth. Schumpeterian Perspectives*, Cambridge, Mass., MIT Press.
- (1992), *International High-Technology Competition*, Cambridge, Harvard University Press.
- (1999), *New Perspectives on Economic Growth and Technological Innovation*, Washington, Brookings Institution Press.
- Schmookler J. (1966), *Invention and Economic Growth*, Cambridge, Harvard University Press.
- Schumpeter, J. A. (1928), «The instability of capitalism» in *Economic Journal*, 38, pp. 361-86.
- (1934), *The Theory of Economic Development*, Cambridge, Mass., Harvard University Press.
- (1942), *Capitalism, Socialism and Democracy*, New York, Harper and Brothers.
- Shapiro, C. e Varian, H. (1999), *Information Rules*, Boston, Harvard Business School Press.
- Simon, H. A. (1947), *Administrative Behavior*, New York, The Free Press.

Bibliografia

- (1962), «The architecture of complexity» in *Proceedings of the American Philosophical Society*, 106, pp. 467-82.
- (1969), *The Sciences of Artificial*, Cambridge, Mass., MIT Press.
- (1982), *Metaphors of Bounded Rationality. Behavioral Economics and Business Organization*, Cambridge, Mass., MIT Press.
- Smith, M. R. e Marx, L. (a cura di) (1995), *Does Technology Drive History? The Dilemma of Technological Determinism*, Cambridge, Mass., MIT Press.
- Sobrero, M. e Roberts, E. B. (2002), «Strategic management for supplier-manufacturer relationships in new product development» in *Research Policy*, 31, pp. 159-82.
- Sobrero, M. e Schrader, S. (1998), «Structuring inter-firm relationships: a meta-analytic approach» in *Organization Studies*, 19, pp. 585-615.
- Solow, R. M. (1956), «A contribution to the theory of economic growth» in *Quarterly Journal of Economics*, 71, pp. 65-94.
- (1957), «Technical change and the aggregate production function» in *Review of Economics and Statistics*, 39, pp. 312-20.
- Steedman, I. (a cura di) (1988), *Sraffian Economics*, Aldershot, Edward Elgar.
- Stephan, P. E. (1996), «The economics of science» in *Journal of Economic Literature*, 34, pp. 1199-235.
- Sterlacchini, A. (1994), «Technological opportunities, intra-industry spillovers and firm R&D intensity: some evidence from Italian manufacturing industries» in *Economics of Innovation and New Technology*, 3, pp. 123-37.
- (1999), «Do innovative activities matter to small firms in non-R&D-intensive industries? An application to export» in *Research Policy*, 28, pp. 819-32.
- Stiglitz, J. E. (1987), «Learning to learn localized learning and technological progress» in Dasgupta, P. e Stoneman, P. (a cura di), *Economic Policy and Technological Performance*, Cambridge, Cambridge University Press.
- (1994), «Economic growth revisited» in *Industrial and Corporate Change*, 3, pp. 65-110.
- (1998), «Knowledge for development: economic science economic policy and economic advice» in *World Bank: Address to the World Bank's 10th Annual Bank Conference on Development Economics*, <http://www.worldbank.org/html/rad/abcde/stiglitz.pdf>.

- (1999a), *Public Policy for a Knowledge Economy*, Department for Trade and Industry, Center for Economic Policy Research, University of Stanford.
- (1999b), *Scan Globally, Reinvent Locally. Knowledge Infrastructure and the Localization of Knowledge*, Keynote Address, First Global Development Network Conference, December, Bonn.
- Stoneman, P. (1976), *Technological Diffusion and the Computer Revolution*, Cambridge, Cambridge University Press.
- (1983), *The Economics Analysis of Technical Change*, Oxford, Oxford University Press.
- (1987), *The Economics Analysis of Technology Policy*, Oxford, Clarendon Press.
- Stoneman, P. (a cura di) (1995), *Handbook of the economics of innovation and technological change*, Oxford, Basil Blackwell.
- Swann, P. (a cura di) (1994), *New Technologies and the Firm. Innovation and Competition*, London, Routledge.
- Swann, P., Prevezer, M. e Stout, D. (a cura di) (1998), *The Dynamics of Industrial Clustering*, Oxford, Oxford University Press.
- Sylos Labini, P. (1956), *Oligopolio e Progresso Tecnico*, Milano, Giuffrè.
- (1984), *The Forces of Economic Growth and Decline*, Cambridge, Mass., MIT Press.
- Teece, D. J. (1986), «Profiting from technological innovation: Implications for integration collaboration licensing and public policy» in *Research Policy*, 15, pp. 285-305.
- (2000), *Managing Intellectual Capital*, Oxford, Oxford University Press.
- Thesmar, D. e Thoenig, M. (2000), «Creative destruction and firm organization choice» in *Quarterly Journal of Economics*, 115, pp. 1201-37.
- Thirtle, C. G. e Ruttan, V. W. (1987), *The Role of Demand and Supply in the Generation and Diffusion of Technological Change*, London, Harwood Academic Publishers.
- Torrìsi, S. (1998), *Industrial Organisation and Innovation. An International Study of the Software Industry*, Cheltenham, Edward Elgar.
- Utterback, J. M. (1994), *Mastering the Dynamics of Innovation*, Boston, Harvard Business School Press.
- Vernon, R. (1966), «International investment and international trade in the product cycle» in *Quarterly Journal of Economics*, 80, pp. 190-207.
- Veugelers, R. e Cassiman, B. (1999), «Make and buy in innovation strate-

Bibliografia

- gies: Evidence from Belgian manufacturing firms» in *Research Policy*, 28, pp. 63-80.
- Vivarelli, M. (1995), *The Economics of Technology and Employment. Theory and Empirical Evidence*, Cheltenham, Edward Elgar.
- Vivarelli, M., Evangelista, R. e Pianta, M. (1996), «Innovation and employment: Evidence from Italian manufacturing» in *Research Policy*, 25, pp. 1013-26.
- Vivarelli, M. e Pianta, M. (a cura di) (2000), *The Employment Impact of Innovation. Evidence And Policy*, London, Routledge.
- Von Hippel, E. (1988), *The Sources of Innovation*, London, Oxford University Press.
- Wasserman, N. H. (1985), *From Invention to Innovation. Long Distance Telephone Transmission at the Turn of the Century*, Baltimore, The Johns Hopkins University Press.
- Williamson, O. E. (1975), *Markets and Hierarchies. Analysis and Anti-trust Implications*, New York, Free Press.
- (1985), *The Economic Institutions of Capitalism. Firms, Markets, Relational Contracting*, New York, Free Press.
- (1993), «The logic of economic organization» in Williamson, O. E. e Winter, S. G. (a cura di), *The Nature of the Firm*, Oxford, Oxford University Press.
- (1996), *The Mechanisms of Governance*, New York, Oxford University Press.
- Wright, G. (1997), «Toward an historical approach to technological change» in *Economic Journal*, 107, pp. 1560-66.
- Zamagni, V. (1990), *Dalla periferia al centro. La seconda rinascita economica dell'Italia: 1861-1990*, Bologna, Il Mulino.
- Zanfei, A. (1993), «Patterns of collaborative innovation in the United States telecommunications industry after divestiture» in *Research Policy*, 22, pp. 309-25.
- (2000), «Transnational firms and the changing organisation of innovative activities» in *Cambridge Journal of Economics*, 24, pp. 515-42.

Parte seconda
L'economia dell'innovazione in Italia: presupposti, programmi
e prospettive
Pier Paolo Patrucco

2.1. Introduzione

L'economia dell'innovazione in Italia rappresenta forse un caso eccezionale all'interno dei diversi campi di studio della teoria economica. Il programma di ricerca dell'economia dell'innovazione sviluppato in Italia, infatti, non solo è completamente integrato nel dibattito teorico, empirico e metodologico articolato negli ultimi trent'anni dalla comunità internazionale degli economisti dell'innovazione, ma si pone in molti casi alla frontiera di tale dibattito. Come ovvia conseguenza, gli economisti dell'innovazione italiani rappresentano un nucleo numeroso e ben radicato, diversificato tra molteplici campi di ricerca, all'interno della comunità internazionale.

Un indicatore, per quanto stilizzato, può dare la misura del rilievo internazionale dell'economia dell'innovazione italiana e della sua posizione di preminenza rispetto agli altri settori dell'economia in Italia. Tra le quattro più importanti riviste internazionali dedicate, a diverso titolo, agli studi riguardanti l'innovazione, il cambiamento tecnologico, istituzionale e sociale e l'economia della conoscenza – *Journal of Evolutionary Economics*, *Research Policy*, *Economics of Innovation and New Technology* e *Industrial and Corporate Change* – la direzione scientifica di due riviste – *Economics of Innovation and New Technology* e *Industrial and Corporate Change* – è affidata a economisti dell'innovazione italiani e gestita all'interno di strutture accademiche italiane¹. In nessun altro campo della ricer-

¹ La direzione di *Industrial and Corporate Change* è affidata a Franco Malerba

ca economica possiamo riscontrare una presenza simile di economisti italiani ai vertici delle comunità internazionali che valutano, selezionano e diffondono contenuti scientifici.

L'economia dell'innovazione è quindi progressivamente emersa come uno dei settori di punta dell'economia italiana. Da un lato si è proposta come un nuovo oggetto di studio per l'economia, trovando particolare attenzione e interesse anche a partire dalla necessità di analizzare le peculiarità strutturali e istituzionali dell'economia italiana (distretti industriali, specializzazione settoriale in industrie a bassa intensità tecnologica, arretratezza tecnologica, presenza diffusa di piccole imprese apparentemente poco adatte a innovare, scarsa propensione a instaurare collaborazioni non solo tra imprese ma anche e soprattutto tra imprese e comunità accademica e scientifica) e di proporre risposte adeguate in termini di politiche industriali e tecnologiche.

D'altra parte, l'economia dell'innovazione si è proposta in modo dirompente come un modo radicalmente nuovo per ripensare la teoria economica, in risposta al «mainstream» neoclassico. Una serie rilevante di fatti economici (dallo sviluppo economico alla crescita della produttività dei fattori, dalle agglomerazioni spaziali alle dinamiche economiche regionali, dalle interazioni strategiche tra imprese alla crescita dell'impresa, ai regimi di concorrenza tra imprese) era stata spiegata dal paradigma neoclassico in modo non convincente, empiricamente non rilevante, e trascurando importanti fattori sociali e istituzionali. La nozione di equilibrio, le forti assunzioni statiche di esogeneità della tecnologia, di conoscenza perfetta degli agenti economici e il ruolo dei prezzi come vettore esclusivo dei segnali sulla base del quale gli agenti ordinano le loro preferenze, scelte, decisioni e comportamenti, apparivano inadeguati e fuorvianti sia in termini di analisi dei processi innovativi e di cambiamento (tecnologico, istituzionale e sociale), sia dal punto di vista dell'analisi del sistema economico in generale, sia infine conside-

(Università Bocconi, Milano) e Giovanni Dosi (Scuola Superiore Sant'Anna, Pisa), insieme a David Teece e Glenn R. Carroll (University of California, Berkeley) e Nick Von Tunzelmann (SPRU, UK); mentre quella di *Economics of Innovation and New Technology* è affidata a Cristiano Antonelli (Università di Torino).

rando le implicazioni che ne derivavano in termini di politiche economiche.

In particolare, è proprio nelle basi della critica all'ortodossia neoclassica, e dunque appoggiandosi in primo luogo sulla lunga e radicata tradizione eterodossa, specificamente sulle analisi articolate negli anni cinquanta, sessanta e settanta da economisti come Giorgio Fuà, Giacomo Becattini, Franco Momigliano e Paolo Sylos Labini, e via via integrando alcuni contributi della generazione successiva di economisti italiani (Sebastiano Brusco, Siro Lombardini, Romano Prodi e Sergio Vaccà), che la vitalità dell'economia dell'innovazione italiana ha origine.

A partire da tali radici, l'economia dell'innovazione italiana da una parte ha sviluppato un programma di ricerca molto forte, fertile in diversi campi dell'analisi economica (dall'economia regionale a quella dei regimi tecnologici, dall'economia dell'impresa e delle organizzazioni a quella internazionale, infine a quella delle dinamiche di generazione e distribuzione della conoscenza tecnologica), dedicando un'attenzione particolare ai temi di politica economica e di «governance». In questo senso, e anche arricchendo la tradizione nazionale con quella degli studi internazionali che progressivamente analizzavano la conoscenza e l'innovazione come fenomeni generati non solo da meccanismi e attori puramente economici (le imprese) ma anche da fattori istituzionali e sociali, l'economia dell'innovazione in Italia si è via via connotata con un esplicito carattere interdisciplinare². Innovazione, tecnologia e conoscenza sono eventi che per la loro complessità e pervasività vanno studiati da diversi punti di vista, non solo attraverso gli strumenti degli economisti ma anche con quelli dei giuristi, sociologi, storici e psicologi. Tale interdisciplinarietà degli studi sull'innovazione è rilevante non solo in una prospettiva analitica – dando vita al filone interdisciplinare degli Innovation Studies –, ma anche dal punto di vista del rapporto tra innovazione, politiche e meccanismi di governo della conoscen-

² Nella letteratura internazionale si vedano per esempio Bijker *et al.* (1989), Gibbons *et al.* (1994), Latour (1987). Aperture verso uno studio interdisciplinare delle dinamiche innovative e più in generale economiche si trovano già, in Italia, in Becattini (1962; 1979) e in Momigliano (1975).

za, e infine, da quello dei progetti didattici (Dove insegnare economia dell'innovazione? Come insegnarla?).

Dall'altra parte, e in modo complementare alla spinta interdisciplinare, l'economia dell'innovazione in Italia ha mantenuto un radicamento disciplinare molto forte, sviluppando contenuti e competenze tecniche e metodologiche proprie dell'economia, assumendo che solo con uno statuto tecnico e metodologico coerente con l'impianto dell'economia si possono sfruttare le contaminazioni con altre discipline e proporre un ripensamento generale e rigoroso della teoria economica, in chiave dinamica, endogena ed empiricamente verificabile.

L'economia dell'innovazione ha valorizzato al meglio le proprie origini eterodosse nel momento in cui è stata in grado di instaurare un rapporto dialettico con il paradigma neoclassico ricevendone, in primo luogo, una lezione: l'economia, in quanto scienza, è dotata di un corpus di strumenti analitici e di procedure metodologiche dai quali è difficile prescindere. Tuttavia, il ricorso e l'uso di un bagaglio tecnico e metodologico possono essere innovati, a partire da assunzioni meno restrittive e più credibili di quelle neoclassiche, al fine di giungere a spiegazioni dei fatti economici più realistiche, empiricamente verificabili e rilevanti in termini di politiche economiche.

Come conseguenza degli sforzi dell'eterodossia e dell'economia dell'innovazione per ripensare in modo metodologicamente e tecnicamente rigoroso e coerente la teoria economica, anche il mainstream si è aperto al dialogo e all'integrazione, all'interno del proprio paradigma, di nozioni acquisite dall'eterodossia (un esempio su tutti è quello del concetto di esternalità di rete).

Questo saggio ha l'obiettivo di sistematizzare il percorso teorico e metodologico che ha portato alla definizione di un preciso programma di ricerca dell'economia dell'innovazione in Italia, individuandone le origini, i diversi progetti teorici ed empirici, e le prospettive di sviluppo.

Il secondo paragrafo presenta in maniera più dettagliata le radici analitiche e metodologiche sulle quali l'economia industriale prima e l'economia dell'innovazione poi si sono sviluppate, proponendosi come risposte al paradigma neoclassico. A partire dalla seconda metà degli anni cinquanta fino ai primi anni ottanta, due generazioni di economisti italiani hanno contribuito, con le loro analisi in di-

versi campi della teoria economica, a porre le basi a partire dalle quali il programma di ricerca dell'economia dell'innovazione in Italia ha preso piede e si è affermato internazionalmente e come settore di punta dell'analisi economica italiana.

Il terzo paragrafo articola il progetto di ricerca dell'economia dell'innovazione italiana degli ultimi vent'anni in cinque programmi di ricerca che, pur mantenendo legami contenutistici e metodologici con le scuole originarie, hanno sviluppato un corpus organico di nozioni e approcci metodologici autonomi, anche come conseguenza del progressivo inserimento nella comunità scientifica internazionale.

Il quarto paragrafo conclude il ragionamento riassumendo il discorso e tracciando alcuni fili rossi che uniscono l'origine, la progressiva emersione e gli sviluppi dell'economia dell'innovazione in Italia. Inoltre, pone il discorso in prospettiva, sia dal punto di vista teorico e metodologico, sia in termini di approcci alle politiche economiche e ai meccanismi di «governance», sia infine in riferimento ai progetti didattici all'interno dei quali insegnare l'economia dell'innovazione.

2.2. Presupposti analitici dell'economia dell'innovazione in Italia

Il forte sviluppo che ha conosciuto l'economia dell'innovazione in Italia, fino a proporsi come uno dei settori di punta della teoria economica, ha dunque origine nella critica all'approccio neoclassico che, empiricamente, si dimostrava inadeguato a rappresentare la peculiare struttura economica e istituzionale italiana, e che, analiticamente, trascurava una serie di fenomeni, dinamici, sociali e di disequilibrio dei sistemi economici in generale, e dunque appariva seriamente limitato da assunzioni teoriche troppo restrittive, semplificate e alla prova dei fatti poco plausibili.

I primi tentativi di articolare in modo sistematico tale critica, proponendo approcci empirici e teorici più realistici ma allo stesso tempo metodologicamente rigorosi, possono essere ricondotti alle origini dell'economia industriale.

L'economia industriale in Italia nasce dal bisogno di analizzare, empiricamente e analiticamente, tre fatti economici, impossibili da

spiegare esclusivamente ed esaustivamente attraverso i meccanismi allocativi del mercato (Marchionatti e Silva 1992). In primo luogo, le differenze regionali tra Nord e Sud in termini di capacità di crescita e di generazione di ricchezza. In secondo luogo, le differenze internazionali nel pattern di specializzazione settoriale tra Italia e altri paesi industrializzati (in particolare europei, come Francia e Germania). Infine, la bassa produttività del lavoro come fonte di continua scarsa competitività relativa sui mercati internazionali.

Le difficoltà analitiche dell'approccio mainstream, coniugate con progetti ideologici forti, radicati nell'eterodossia, con una esplicita vocazione alla politica economica e con un approccio metodologico tradizionalmente legato allo storicismo, spingono il bisogno di formulare ipotesi realistiche sulle quali articolare spiegazioni degli eventi economici e proposte per l'intervento pubblico.

Come reazione all'approccio neoclassico dominante, l'integrazione dei fattori sociali e istituzionali e delle forme di mercato diverse dalla concorrenza perfetta, nelle analisi di economia industriale, ha determinato negli anni cinquanta, sessanta e settanta la nascita di una eterodossia del tutto particolare, laica, che fa uso del bagaglio tecnico classico dell'economia (dunque metodologicamente rigorosa), ma che lo utilizza in modo nuovo, ripensando interamente il modo di studiare il sistema economico e articolando una teoria economica che dà grande rilievo al cambiamento tecnico in una dimensione endogena, dinamica ed empiricamente rilevante.

Su queste basi vengono progressivamente sviluppati tre programmi di ricerca, tra loro complementari sia dal punto di vista contenutistico, sia da quello metodologico. Questi tre programmi di ricerca hanno via via dato enfasi al ruolo del cambiamento tecnologico come fattore al centro delle dinamiche di crescita e sviluppo economico, leggendolo da tre prospettive diverse: quella territoriale, quella relativa alle caratteristiche dei mercati, e quella della grande impresa.

2.2.1. Territorio, cambiamento e sviluppo economico

In una prospettiva teorica ed empirica tipicamente macroeconomica e legata allo studio delle condizioni che favoriscono lo svilup-

po economico, l'analisi di Giorgio Fuà (1957; 1980) enfatizza le relazioni tra cambiamento (non solo tecnologico ma anche istituzionale) e sviluppo economico, ponendo come punto di partenza lo studio delle caratteristiche strutturali dei sistemi economici, nazionali e locali.

A partire dall'individuazione di significative differenze tra le caratteristiche strutturali dei diversi sistemi economici, le relazioni tra diffusione del cambiamento e dotazione dei diversi sistemi economici in termini di fattori strutturali tra loro complementari (tecnologici e industriali, ma anche e soprattutto istituzionali e sociali) vengono messe al centro dell'attenzione e poste in una prospettiva che ne sottolinea le implicazioni in termini di sviluppo economico legato alla diffusione del cambiamento tecnologico.

In primo luogo, dal punto di vista analitico e metodologico, viene enfatizzata la critica a due assunzioni basilari dell'approccio mainstream: da una parte la perfetta distribuzione tra nazioni e aree geografiche delle informazioni sulle opportunità economiche, tecnologiche e scientifiche di sviluppo e crescita; dall'altra, il valore di prezzi e quantità come indicatori completi del livello di sviluppo raggiunto dai sistemi economici. Le opportunità economiche, tecnologiche e scientifiche sono distribuite in modo difforme tra i diversi sistemi economici, come effetto di diverse strutture economiche e industriali, e di diverse dotazioni di fattori istituzionali e sociali (per esempio, relativamente al sistema della ricerca, alle condizioni del mercato del lavoro, alla disponibilità delle imprese e delle istituzioni scientifiche a collaborare tra loro). Di conseguenza, all'analisi di prezzi e quantità come indicatori delle caratteristiche del processo di sviluppo economico va integrata l'analisi di fattori qualitativi, come la dotazione di elementi istituzionali e le componenti del sistema sociale.

In secondo luogo, l'innovazione tecnologica, istituzionale e strutturale (nuovi settori), ha un impatto drastico sulle caratteristiche e le determinanti del processo di crescita e di sviluppo economico, configurandosi come la principale forza economica in atto nel moderno sistema capitalistico, come risultato delle caratteristiche peculiari, localizzate, dei sistemi economici, e come oggetto privilegiato nella definizione delle modalità dell'intervento pubblico. Lo sviluppo economico e la crescita sono spiegati, endogenamente, at-

traverso il ruolo dell'innovazione, anziché attraverso cambiamenti esogeni nelle funzioni di utilità, nella tecnologia e nelle risorse naturali e demografiche.

Infine, le differenze strutturali, organizzative, imprenditoriali, istituzionali e sociali tra paesi, richiedono politiche di sviluppo localizzate e tendenzialmente incrementali, piuttosto che importate dai «modelli» a maggiore sviluppo e quindi radicali rispetto alla struttura e al percorso di sviluppo intrapreso da ogni singolo paese.

Le politiche tecnologiche classiche, sia nel caso dei paesi industrializzati (economie moderne), sia nel caso dei paesi ritardatari in via di rapido sviluppo (catching-up), sono tradizionalmente basate sui trasferimenti di tecnologia dai paesi più avanzati, sotto forma di: 1) acquisto di brevetti e know-how; 2) creazione di opportunità per gli investimenti diretti esteri da parte di imprese tecnologicamente avanzate; 3) politiche di mobilità e formazione estera del capitale umano. Inoltre, la promozione della ricerca tecnologica è fondamentalmente incentivata attraverso il supporto e le agevolazioni finanziarie accordate alle imprese industriali per i propri progetti di ricerca.

Tale approccio, pur avendo dato risultati positivi, trascura da un lato il carattere sistemico dei processi economici in generale e di sviluppo tecnologico in particolare, quindi sottostimandone le determinanti sociali e istituzionali e riducendo le dinamiche di sviluppo e di cambiamento a un mero sistema di incentivi finanziari alle attività di ricerca e sviluppo formalizzate e di accesso a tecnologie migliori. Dall'altro lato, è il carattere localizzato dei processi economici ad essere messo in secondo piano, sottovalutando i diversi impatti e ricadute in termini di diffusione e utilizzo di nuove tecnologie che le differenze strutturali e istituzionali tra i sistemi economici possono indurre. Le specifiche caratteristiche di ogni sistema economico – in termini, per esempio, di struttura dimensionale delle imprese, intensità del capitale tecnologico e umano, sistema istituzionale della ricerca scientifica e tecnologica, sistema sociale degli incentivi alla cooperazione tecnologica e alla condivisione delle scoperte e delle conoscenze (tecnologiche, commerciali e organizzative) – non possono essere trascurate nella definizione delle politiche che mirino a introdurre nuove tecnologie.

La combinazione dell'analisi della natura localizzata degli elementi tecnologici, industriali, istituzionali e sociali che caratterizza-

no i diversi sistemi economici con quella relativa alla necessità di definire politiche economiche che tengano conto e sfruttino tali differenze nella dotazione di fattori economici, porta a un approccio allo sviluppo economico che ne enfatizza la dimensione di lungo periodo. L'orizzonte temporale a cui guardare per l'analisi delle dinamiche di sviluppo economico è quello secolare, e la definizione di politiche economiche non può che implicare cambiamenti gradualisti nella struttura economico-istituzionale dei sistemi.

Questo approccio allo sviluppo economico e alle conseguenti scelte in termini di politiche industriali ed economiche trova poi applicazione anche alla dimensione regionale/locale, formulando ipotesi di sviluppo locale che partono dalle caratteristiche industriali, istituzionali e sociali esistenti in loco e che abbiano l'obiettivo di introdurre un tipo di cambiamento (non solo tecnologico) incrementale e localizzato, sia dal punto di vista della struttura del sistema locale, sia da quello della sua dinamica storica (Fuà e Zacchia 1983).

Anche Giacomo Becattini, a partire dall'osservazione della realtà italiana e da fondamenti teorici marshalliani critica in maniera sistematica il paradigma economico dominante e sottolinea come, ai fini di comprendere le dinamiche di cambiamento e sviluppo industriale, lo spazio economico rilevante non sia tanto quello del settore industriale, quanto quello del distretto industriale, enfatizzando le determinanti territoriali di tali dinamiche.

Dal punto di vista dell'economia industriale, Giacomo Becattini (1962), a partire da una rilettura dell'opera di Alfred Marshall alla luce delle teorie economiche che l'hanno preceduta e delle critiche che hanno seguito la pubblicazione dei *Principles of Economics* in particolare, ha innanzitutto messo in evidenza alcune semplificazioni analitiche e metodologiche dell'economia classica (Smith, Ricardo e Marx) e dell'economia pura (Walras, Pareto). In particolare, Becattini critica la dimensione non sociale, esogena e complessivamente statica della spiegazione economica negli approcci precedenti a Marshall, sottolineando, di converso, come i fatti economici possano essere realisticamente analizzati dal punto di vista empirico, e sistematicamente interpretati da quello teorico, solo tenendo in considerazione la complessità delle relazioni sociali che definiscono i rapporti economici tra diversi attori, e il processo storico all'in-

terno del quale le caratteristiche di tali rapporti vengono definite e continuamente ridefinite.

Tre elementi possono essere messi in evidenza. In primo luogo, una spiegazione endogena dei fatti economici non può limitarsi a intendere le mere interazioni legate al sistema dei prezzi come unico ed esaustivo meccanismo di coordinamento, sulla cui base gli attori economici (siano essi imprenditori, lavoratori, consumatori) ordinano le loro preferenze, prendono decisioni e mettono in moto comportamenti conseguenti. I meccanismi e le caratteristiche più legate al contesto sociale e istituzionale in cui gli attori sono inseriti (tra gli altri, il clima di fiducia e reciprocità tra imprenditori, la struttura dei legami cooperativi e competitivi tra le imprese all'interno di una stessa industria o di una economia locale, la struttura del mercato del lavoro, per esempio, in termini di mobilità dei lavoratori) devono essere incorporati nelle spiegazioni economiche.

In secondo luogo, i fatti economici non possono essere ridotti alla loro dimensione statica, ma devono essere interpretati in chiave dinamica; sia perché solo integrando l'analisi del percorso storico che porta a determinati eventi dei sistemi economici, se ne possono comprendere le determinanti, gli effetti e le caratteristiche; sia perché la pervasività del cambiamento (tecnologico, istituzionale e sociale) e i suoi effetti in termini di distribuzione di benessere e valore sono tali da non poter essere relegati a una spiegazione esogena.

In terzo luogo, in chiave tipicamente marshalliana, alla nozione statica di equilibrio generale si contrappone una nozione meno rigida e vincolante di equilibrio parziale, più suscettibile di interpretazioni dinamiche, e soprattutto una nozione di organizzazione, tra le diverse attività e i diversi attori che prendono parte alla divisione sociale del lavoro, ben distinta da e contrapposta a quella di equilibrio.

Tale critica analitica e metodologica agli approcci dominanti nel paradigma economico si coniuga con una lettura critica e una sistematizzazione delle diverse nozioni di «industria». A partire dal riconoscimento delle diverse limitazioni che le definizioni di industria presentano, Becattini riafferma da un lato l'importanza di impostare l'analisi economica a un livello intermedio tra il sistema nel suo complesso (in sostanza, il modello dell'equilibrio economico generale) e l'analisi microanalitica del singolo attore economico (impresa o consumatore). L'imperfetta divisibilità dei fattori di produzione

e la loro imperfetta mobilità (in particolare, l'imperfetta mobilità del lavoro), e di quelli economici in generale, produce rilevanti esternalità tra gli attori che non sono mediate o spiegabili attraverso il sistema dei prezzi, che travalicano il raggio d'azione microeconomico (la singola impresa o il singolo consumatore) ma che non investono l'intero sistema economico. Da qui la necessità di focalizzare l'attenzione dell'analisi economica su una nozione di subaggregato.

Dall'altro lato, tuttavia, Becattini, riconoscendo l'importanza dei fattori sociali e anche psicologici che determinano l'origine e l'evoluzione degli eventi economici, propende per una interpretazione lasca della nozione di industria, intesa come creazione intersoggettiva degli imprenditori, e in cui i processi di socializzazione e le routines sono i principali motori di sviluppo dei processi economici. Non sono tanto, o non solo, le componenti tecniche e tecnologiche (similarità nei processi produttivi e nelle tecnologie adottate), o quelle di mercato (coerenza della domanda finale o intermedia soddisfatta dalle imprese) che definiscono i fatti economici alla base della creazione e distribuzione del valore, del benessere e della crescita economica, quanto le relazioni sociali e istituzionali tra le imprese, e la condivisione di un contesto sociale e culturale comune.

La nozione tradizionale di industria viene in gran parte svuotata di significato e al suo posto, come entità di analisi intermedia tra soggetto e sistema in economia industriale, viene proposta quella di «distretto», come risultato e causa di importanti esternalità positive, soprattutto fra una molteplicità di piccoli produttori. All'interno dei distretti industriali, le economie esterne che derivano dalla imperfetta divisibilità e mobilità dei fattori di produzione possono essere più facilmente internalizzate dalle imprese grazie al ruolo giocato dalla vicinanza geografica e dalla condivisione di un contesto sociale e istituzionale comune che promuove i meccanismi di cooperazione e comunicazione di conoscenze, competenze e routines di successo tra le imprese. I sistemi di piccole e medie imprese, tra loro interrelate attraverso rapporti sia di tipo economico e produttivo (fornitura e subfornitura) sia di tipo sociale e culturale (condivisione di un sistema di valori basato su reciprocità, cooperazione e fiducia), che hanno luogo all'interno di confini geografici, locali e regionali ben definiti, sono al centro dell'attenzione degli studi di economia industriale (Becattini 1979; 1987).

Lo spostamento dell'attenzione sulla nozione di «distretto» come unità intermedia di analisi per la teoria economica e gli studi empirici ha infine importanti implicazioni dal punto di vista della politica industriale. La nozione di distretto industriale, infatti, contemplando le interdipendenze tra fattori strettamente economici e fattori sociali e istituzionali, consente una spiegazione endogena delle dinamiche di formazione, evoluzione ed eventualmente decadenza dei fatti economici, e si pone come oggetto privilegiato per l'intervento pubblico, rispetto a una nozione di settore, le cui vere logiche interne sono spesso difficilmente ed esaustivamente articolabili quando si tenga esclusivamente conto delle componenti tecniche, tecnologiche o di mercato che accomunano le imprese (Becattini 1989).

La crescente rilevanza economica dei distretti industriali al fine di spiegare alcuni processi di sviluppo economico e cambiamento tecnologico peculiari alla realtà italiana porta a un approfondimento e maggior dettaglio non solo empirico ma anche analitico delle dinamiche locali (Brusco 1982; 1989). Sebastiano Brusco enfatizza l'importanza del ruolo delle esternalità all'interno delle dinamiche di trasmissione di conoscenze e know-how tecnico tra piccole e medie imprese specializzate produttivamente e localizzate all'interno di uno spazio geografico ben definito e circoscritto. In particolare, seguendo la tradizione delle esternalità marshalliane, la concentrazione geografica e la specializzazione in un'unica industria (piuttosto che la diversificazione in più specializzazioni industriali) sono le condizioni economiche di base che favoriscono la creazione e integrazione di forti esternalità tecniche tra imprese locali. Le esternalità sono il risultato di forti indivisibilità tecniche tra fattori di produzione tra loro interdipendenti. L'agglomerazione geografica delle imprese facilita l'esistenza di quelle condizioni tecniche (appunto, indivisibilità e interdipendenze tra processi produttivi e tra competenze tecniche delle diverse imprese che operano in fasi complementari all'interno dello stesso processo produttivo di un settore industriale) e sociali (condivisione di norme sociali comuni alle imprese locali, agli imprenditori e ai tecnici specializzati, che facilita la comunicazione delle innovazioni e del know-how), affinché le economie esterne tra le imprese possano essere internalizzate non tanto a livello di singola impresa, quanto a livello di sistema locale

e di distretto. La nascita e lo sviluppo di un corpus di conoscenze tecnologiche, e quindi di innovazioni, è il risultato delle complementarità e interdipendenze tra imprese che operano all'interno di una stessa industria e all'interno di uno spazio geografico ben definito.

Queste interdipendenze e interazioni tecniche tra imprese che svolgono fasi diverse ma complementari all'interno di un'unica catena produttiva, beneficiano del tipo di contesto sociale e istituzionale all'interno del quale sono inserite. In altre parole, l'internalizzazione delle esternalità tecniche all'interno del sistema locale è favorita dalla pluralità di attori istituzionali e di condizioni sociali che caratterizzano il più ampio sistema sociale e istituzionale nel quale le imprese interagiscono produttivamente. Da una parte, la presenza di centri per il trasferimento tecnologico, associazioni imprenditoriali, camere di commercio e del sistema politico locale più in generale; dall'altra, l'abitudine alla cooperazione tra le imprese, l'esistenza di reti produttive di lungo termine e un ambiente di fiducia e reciprocità tra imprese e tra imprese e istituzioni favoriscono l'esistenza di contatti, spesso informali, attraverso i quali il know-how (pratico, tecnico e commerciale) è condiviso, diffuso e internalizzato all'interno del sistema locale.

Il fattore geografico e i vantaggi derivanti dall'agglomerazione sono qui alla base dei processi di sviluppo industriale, in quanto favoriscono lo scambio di conoscenze, know-how tecnico e nuove scoperte. I sistemi economici locali e i distretti confermano la loro importanza nello studio dei fattori d'innovazione all'interno dell'economia industriale e la loro rilevanza per i processi di sviluppo industriale ed economico. L'attenzione dell'analisi è ora focalizzata sulle indivisibilità produttive e sulle condizioni sociali e istituzionali che favoriscono le interazioni, l'apprendimento e la diffusione delle conoscenze tecniche tra piccole e medie imprese colocalizzate geograficamente e tecnicamente.

L'analisi di Romano Prodi (1966) riprende gli elementi principali dell'approccio di Brusco, enfatizzando la dimensione settoriale delle relazioni tra imprese come principale fattore di accumulo e diffusione di conoscenze tecniche e innovazione. Prodi articola un modello di sviluppo settoriale coerente con la tradizione del primo Schumpeter (1934) – il cosiddetto Schumpeter Mark I –, in cui

quindi la presenza di più alti profitti iniziali è la conseguenza dell'introduzione di un'innovazione da parte di una prima impresa anticipatrice. La ricerca di maggiori profitti spinge in un secondo tempo nuove imprese all'entrata nel mercato e all'imitazione dell'innovazione di successo, riportando i profitti a livelli normali e il tipo di competizione verso forme di concorrenza atomistica. Lo sviluppo economico e industriale del settore ruota intorno alla successione ciclica di questa dinamica, spingendo un processo di sviluppo molto rapido, caratterizzato dalla continua nascita di nuove piccole imprese fondata sull'imitazione di conoscenze tecniche e innovazioni.

Il processo di diffusione dell'imprenditorialità di tipo schumpeteriano è ora al centro dello sviluppo economico, dopo essere stato fino ad allora posto in secondo piano di fronte alla grande attenzione data alla relazione tra comportamenti di tipo oligopolistico e monopolistico, cambiamento tecnologico e sviluppo economico – secondo il modello del cosiddetto Schumpeter Mark II (Schumpeter 1942)³.

Tale processo di sviluppo economico legato alla diffusione imprenditoriale fondata sull'imitazione di innovazioni è reso possibile da determinate condizioni economiche e sociali che già erano state gli elementi centrali nel modello di sviluppo locale di Brusco: la condivisione di un contesto sociale e culturale comune che facilita la trasmissione delle conoscenze tecniche, la facilità di reperimento di capitale umano, l'appropriazione dei vantaggi derivanti dalla localizzazione geografica. In particolare la localizzazione in uno spazio geografico ristretto ha accentuato gli effetti imitativi sulla diffusione del know-how tecnico e delle innovazioni, grazie alla creazione di relazioni preferenziali sia tra imprese produttrici, sia tra imprese produttrici e fornitori di macchinari, che hanno intensificato la qualità dei contatti e delle collaborazioni, in ultima analisi facilitando il processo di diffusione dell'innovazione attraverso le dinamiche collettive e di sviluppo locale proprie dei distretti.

In un contesto metodologico e teorico analogo (Prodi 1970), attraverso l'analisi empirica di una serie di casi di studio vengono generalizzati alcuni elementi tipici del processo di sviluppo industriale

³ Si vedano in proposito i sottoparagrafi secondo e terzo.

italiano. In particolare, il processo di diffusione delle innovazioni in Italia è caratterizzato, da una parte, dalla notevole e rapida capacità di apprendimento e adozione imitativa di know-how e innovazioni generate in contesti esterni e, dall'altra, dall'assoluta debolezza del sistema industriale italiano a fronte della necessità di generare autonomamente innovazioni. Il ruolo della conoscenza esterna nei processi di adozione e diffusione delle innovazioni, l'importanza dell'apprendimento e dunque delle relazioni interattive tra imprese e attori esterni allo spazio economico all'interno del quale le imprese operano, vengono ulteriormente enfatizzati in quanto tratti distintivi del modello di sviluppo industriale italiano. Da questo punto di vista, i settori, essendo un elemento chiave nella trasformazione e nello sviluppo industriale italiano, diventano anche un oggetto privilegiato delle decisioni di politica industriale ed economica.

I sistemi locali di produzione e il fenomeno dei distretti industriali, e più in generale le componenti territoriali legate al processo di cambiamento e di sviluppo economico, ricevono dunque grande attenzione all'interno dell'economia italiana. I distretti industriali, come aggregato economico intermedio tra il livello microanalitico e il sistema nel suo insieme, permettono una spiegazione endogena dei processi economici includendone anche le determinanti istituzionali e sociali, e si pongono come oggetto rilevante di studio per l'economia industriale italiana, e come modello di sviluppo sul quale concentrare le decisioni di politica economica in termini di incentivi e strutture istituzionali e tecnologiche.

2.2.2. Forme di mercato e cambiamento tecnico

Un secondo filone di ricerca, con maggiore risonanza internazionale, e sviluppato da Paolo Sylos Labini, concentra l'attenzione sui problemi e le relazioni tra crescita economica, cambiamento tecnico e forme di mercato, particolarmente in condizioni di oligopolio.

Il radicamento nella tradizione schumpeteriana e una prospettiva che potremmo definire di struttura-condotta-performance *ante litteram* caratterizzano l'opera di Paolo Sylos Labini. In primo luogo, l'innovazione, come in Schumpeter, è la principale determinante dello sviluppo economico e dei cambiamenti strutturali che lo carat-

terizzano. In secondo luogo, riprendendo Chamberlin (1933), e anticipando i temi che saranno poi sistematizzati da Joe Bain (1968) nell'approccio struttura-condotta-performance, viene data enfasi allo studio della struttura dei mercati come fattori che condizionano la condotta e le performance delle imprese che operano in quei mercati.

L'approccio di Sylos Labini dunque si connota per lo sforzo di coniugare rigore tecnico e rilevanza empirica all'interno di una teoria economica che sottolinea il ruolo del cambiamento tecnico, in relazione alle diverse forme di mercato e quindi a diversi sistemi di prezzi, nel determinare mutamenti di carattere strutturale nella composizione della produzione e dell'occupazione e nella distribuzione del reddito, in ultima analisi guidando l'evoluzione dello sviluppo economico.

La critica di Piero Sraffa (1926) al modello di concorrenza perfetta aveva riconosciuto nell'individuazione di imperfezioni nel mercato le condizioni che minano alla base la rilevanza economica e gli assunti teorici della concorrenza perfetta. Né concorrenza perfetta né monopolio, ma solo una forma di mercato intermedia può essere rappresentativa della realtà e quindi economicamente rilevante e oggetto di studio rigoroso da parte della teoria economica. Gli elementi che derivano dalle analisi empiriche sull'esperienza quotidiana delle imprese invalidano i due fatti fondamentali alla base del modello di concorrenza perfetta: in primo luogo l'idea che ciascuna impresa non possa che produrre in condizioni di costi crescenti e, in secondo luogo, l'idea che l'imprenditore non possa operare sul prezzo per ampliare le quantità di merce venduta. Le imperfezioni che compromettono la rilevanza empirica e teorica del modello della concorrenza perfetta sono, di fatto, differenziazioni nella domanda dei consumatori, che si traducono in differenziazioni nei prodotti delle imprese a seconda della disponibilità dei consumatori a pagare di più per avere un prodotto con caratteristiche determinate. Di qui la rilevanza economica delle forme di mercato oligopolistiche.

Sylos Labini (1957) elabora un modello teorico in cui mette in relazione i cambiamenti nella struttura dei mercati con il processo di cambiamento tecnico. In particolare, viene sottolineato che: 1) i gruppi oligopolistici sono l'unità di studio rilevante per la teoria economica, sostituendo l'industria marshalliana e l'impresa della

concorrenza perfetta, e che 2) la tendenza alla concentrazione oligopolistica dei mercati è il risultato della rilevanza economica del progresso tecnico e dell'innovazione.

L'oligopolio, e in particolare quello concentrato, appare come la forma di mercato più frequente nella realtà economica moderna, sia sulla base delle analisi di tipo storico e empirico (Galbraith) sia su quella delle analisi teoriche che, a partire dalla critica degli assunti e delle condizioni della concorrenza monopolistica, hanno suggerito che i mercati della concorrenza imperfetta non sono svincolati e indipendenti tra loro, ma sono in competizione indiretta (Chamberlin, Kaldor, Robinson e Sraffa). Gli aggregati di poche grandi imprese all'interno di mercati più o meno differenziati ma con elevati gradi di concentrazione e comportamenti collusivi nella determinazione dei livelli dei prezzi, quindi nella creazione di barriere all'entrata per potenziali concorrenti, diventano perciò l'unità di studio rilevante per la teoria economica.

Seguendo la scuola schumpeteriana (Schumpeter 1942), Sylos Labini integra l'analisi delle forme di mercato e dell'oligopolio con quella del ruolo del cambiamento tecnico e dell'innovazione. In un contesto economico in cui il progresso tecnico e l'innovazione sono alla base della distribuzione di redditi e profitti più elevati e dello sviluppo economico in generale, il processo di concentrazione e di formazione di strutture oligopolistiche dipende dalla ricerca di efficienza tecnica crescente, e quindi di costi decrescenti che permettono alle imprese oligopolistiche migliori performance.

Inoltre, rispetto al modello tradizionale struttura-condotta-performance, vengono accentuate le componenti dinamiche del processo di cambiamento tecnologico (Sylos Labini 1984; 1993), sottolineando l'effetto dei cambiamenti storicamente determinati nel sistema dei prezzi di capitale e lavoro sullo sviluppo e sull'adozione effettivi di una tecnica tra le diverse potenzialmente disponibili, cioè nel determinare la direzione e la velocità del cambiamento tecnologico.

Il processo di cambiamento tecnico è innanzitutto il risultato della complementarità tra fattori produttivi diversi (stilizzando, capitale e lavoro) e della sostituzione dinamica fra gli stessi fattori. Ad essere superato è il meccanismo di sostituzione statica che, nella teoria neoclassica, spiegava il cambiamento tecnico, escludendo l'elemento temporale dall'analisi, e assumendo in primo luogo va-

riazioni nel sistema dei prezzi di capitale e lavoro istantanee e reversibili, e in secondo luogo una varietà di tecniche perfettamente disponibile e accessibile. All'opposto, nell'approccio schumpeteriano viene incluso l'elemento temporale come fattore cruciale. Le variazioni nei prezzi del capitale e del lavoro avvengono infatti nel tempo storico e sono dunque irreversibili. Inoltre, la disponibilità delle tecniche (la direzione del cambiamento tecnologico) e la loro velocità di adozione (la velocità del cambiamento tecnologico) sono il risultato stesso delle variazioni nei prezzi di capitale e lavoro, e sono quindi storicamente determinate. La direzione e la velocità del cambiamento tecnologico, influenzate dalle variazioni nel sistema dei prezzi di capitale e lavoro, determinano differenze nei costi di produzione, e quindi in ultima analisi differenze di performance tra le imprese. La capacità delle imprese di adottare tempestivamente le nuove tecnologie risulta discriminante per performance migliori, ma anche storicamente determinata in base alla specifica variazione nei prezzi di capitale e lavoro che definisce la direzione e la velocità del cambiamento tecnologico in atto.

Infine, le dinamiche del cambiamento tecnico non influenzano soltanto la performance delle imprese. Gli effetti dell'innovazione in contesti oligopolistici vengono distribuiti attraverso prezzi relativamente stabili e redditi nominali in aumento, guidando lungo questa direzione il processo di sviluppo economico nei sistemi capitalistici del dopoguerra.

2.2.3. La grande impresa come soggetto innovatore

La scuola schumpeteriana e gli studi sulle relazioni tra condizioni oligopolistiche del mercato e cambiamento tecnologico avevano sottolineato, anche se non posto al centro dell'analisi, il ruolo della grande impresa oligopolistica come elemento determinante per condurre con successo la competizione in mercati caratterizzati da elevate barriere all'entrata e da rapido cambiamento tecnologico.

Il filone di studi sulla grande impresa come soggetto innovatore riprende tale prospettiva sottolineando come l'impresa verticalmente integrata sia la scelta organizzativa più appropriata in condizioni di mercato che, alla luce dei risultati delle ricerche empiriche, sono

ben diverse da quelle della concorrenza perfetta (oligopolio e monopolio) e richiedono una capacità sempre maggiore di fronteggiare il cambiamento tecnologico e le competenze necessarie per implementarlo.

Il filone di analisi sulle relazioni tra grande impresa, struttura economica (monopolistica) e crescita economica vede in Siro Lombardini (1973) un esponente, almeno in parte, dell'approccio struttura-condotta-performance e un anticipatore di alcuni temi che costituiranno il fulcro dell'analisi marrisiana sull'organizzazione e il ruolo capitalistico della grande impresa manageriale (Marris 1964).

A partire dalla osservazione empirica che la grande impresa moderna opera in industrie diverse tra loro, e comprende impianti, largamente autonomi, che appartengono a industrie diverse, la grande impresa è innanzitutto considerata come un'entità organica che è in grado di crescere e agire autonomamente e indipendentemente dalle condizioni dei singoli mercati e delle singole industrie all'interno dei quali è inserita. Di conseguenza, come effetto della concentrazione della produzione e delle rilevanti economie di scala e di scopo, la crescita dei mercati è prevalentemente il risultato delle performance della grande impresa monopolistica (Lombardini 1954).

Al fine di comprendere le relazioni tra decisioni dell'impresa e crescita economica, viene abbandonata la nozione di mercato/industria. La grande impresa monopolistica viene considerata all'interno di tutto il contesto economico, essendo l'impresa monopolistica non tanto caratterizzata da relazioni all'interno di un mercato e industria specifici, ma da interazioni con altre singole imprese o gruppi di imprese non appartenenti allo stesso mercato/industria. Inoltre, anche l'analisi della grande impresa come studio, statico, delle relazioni e dei comportamenti tra imprese perfettamente rivali viene abbandonato. Attraverso determinate politiche e strategie, la grande impresa influisce sulle barriere all'entrata nei mercati sui quali opera: gli investimenti in attività di ricerca e sviluppo, in attività commerciali e l'accesso a migliori condizioni finanziarie alzano le barriere all'entrata per potenziali nuovi concorrenti, e le rafforzano nel corso del tempo, facilitando la crescita dimensionale dell'impresa e il miglioramento della sua posizione sui mercati. Per queste ragioni l'impresa monopolistica è un «microcosmo» che non interagisce tanto con imprese rivali, quanto piuttosto con il sistema economico

nel suo complesso, influenzandone il processo di crescita (Lombardini 1971).

Franco Momigliano, sulla base di una sistematizzazione critica dei filoni di ricerca di Industrial Economics e Industrial Organization angloamericani, ha articolato un approccio struttura-condotta-performance in chiave schumpeteriana, in cui due elementi sono di cruciale importanza: 1) la grande impresa è considerata come la forma organizzativa e strategica che garantisce le migliori performance in condizioni di mercato caratterizzate da rapido cambiamento tecnologico e oligopolio; 2) alle politiche industriali è data un' enfasi particolare come strumenti per intervenire sulle strutture industriali, condizionare la condotta delle imprese e risolvere i fallimenti del mercato come meccanismo di «governance» del processo innovativo.

Pur partendo da basi filosofiche diverse, cioè schumpeteriane, e dall'analisi della letteratura su Industrial Economics e Industrial Organization, l'approccio struttura-condotta-performance articolato da Franco Momigliano (1975) mostra almeno due punti di contatto con quello sviluppato da Becattini, e ne è complementare dal punto di vista delle conclusioni analitiche. Da un lato, anche l'approccio strutturalista, mirando a collegare lo studio delle singole unità (imprese) a quello degli aggregati rilevanti, pone come oggetto di studio sia per la teoria economica che per la ricerca applicata un'unità di analisi intermedia, che permettendo una spiegazione endogena dei fatti economici sia rilevante anche dal punto di vista delle implicazioni di politica industriale. Dall'altro, nonostante le caratteristiche dell'industria e del mercato rivestano un ruolo determinante per la comprensione delle dinamiche d'innovazione, anche in questo caso il settore industriale viene criticato come oggetto di studio obsoleto per le analisi di economia industriale.

A partire dallo studio empirico dei fenomeni di concentrazione, crescita dimensionale dell'impresa e dunque di economie di scala e di oligopolio, il concetto di industria rivela i propri limiti analitici soprattutto nel momento in cui il cambiamento tecnologico e l'introduzione di innovazioni da parte delle imprese vengono letti, schumpeterianamente, come il principale fattore competitivo sui mercati.

L'evoluzione delle forme di mercato da quelle di concorrenza perfetta a quelle di concorrenza oligopolistica e monopolistica è il

risultato della capacità imprenditoriale di introdurre in anticipo sui concorrenti l'innovazione tecnologica. Due elementi emergono in questo contesto. In primo luogo, all'adattamento neoclassico si contrappone l'innovazione schumpeteriana come comportamento proattivo degli attori economici rispetto ai mutamenti di mercato, che spinge verso processi di crescita dimensionale delle imprese e di progressiva diversificazione delle stesse. Le dinamiche di concorrenza tra le imprese tendono a essere di tipo oligopolistico anziché atomistico, come nel modello classico della concorrenza perfetta. In secondo luogo, la grande impresa oligopolistica emerge come fattore e risultato di innovazioni tecnologiche che ne favoriscono la crescita dimensionale e di mercato.

L'innovazione tecnologica è dunque al centro dell'attenzione degli studi di economia industriale. Lo studio dei fattori che favoriscono il cambiamento tecnologico viene visto come studio dei rapporti tra innovazione, forme di mercato e strutture industriali, strategie competitive e crescita dell'impresa.

Lo sviluppo della grande impresa, le strategie di integrazione verticale e soprattutto di crescita multinazionale sono la risposta, in termini di condotta, che garantisce più alti tassi di innovazione, cioè performance migliori in un mercato caratterizzato da cambiamenti tecnologici sempre più rapidi, e attorno ai quali ruotano le opportunità delle imprese di migliorare la propria posizione competitiva.

In mercati oligopolistici, caratterizzati da elevati livelli di concentrazione e da elevate barriere all'entrata, dalla rilevanza delle economie di scala e di scopo nelle attività innovative, e da ampie opportunità per le imprese di ottenere profitti maggiori, rispetto a condizioni concorrenziali, l'attività sistematica e organizzata di ricerca e sviluppo nella grande impresa è la coerente evoluzione storica del modello schumpeteriano (Schumpeter 1942), secondo cui l'attività innovativa è il risultato della continua ricerca di posizioni dominanti (monopolistiche o oligopolistiche) sul mercato.

Al capitalista imprenditore come principale forza che spinge l'introduzione di innovazione viene sostituito il laboratorio di ricerca e una struttura dirigenziale e tecnica («tecnostruttura») che gestiscono lo sviluppo e l'introduzione del cambiamento tecnologico in modo programmato e continuativo, in modo da condurre con successo la competizione sui mercati oligopolistici. La grande impresa permette

di superare quelle soglie minime dimensionali che consentono di gestire in modo efficiente l'attività di ricerca e sviluppo, raggiungendo economie di scala nella produzione di innovazioni. Inoltre, oltre alle maggiori possibilità di ottenere migliori condizioni d'accesso ai mercati finanziari per sostenere lo sviluppo delle innovazioni, e quindi di ridurre i costi pecuniari, le grandi dimensioni offrono la possibilità di esercitare attività di ricerca e sviluppo su una pluralità di progetti, consentendo di diminuire i costi dell'attività innovativa anche grazie a rilevanti economie di scopo: lo stesso risultato raggiunto attraverso l'attività di ricerca e sviluppo può cioè essere applicato a diversi progetti. Momigliano sottolinea come la grande impresa che sviluppa contemporaneamente diversi progetti innovativi possa beneficiare di consistenti vantaggi che derivano dalla modularità con cui può organizzare la propria attività di innovazione.

Infine, a fronte del ruolo preponderante che l'innovazione occupa nelle dinamiche concorrenziali tra le imprese e più in generale nei processi aggregati di sviluppo economico, Momigliano raccoglie la lezione dell'analisi arroviana sui fallimenti del mercato come meccanismo di coordinamento e come sistema di incentivi alla produzione di innovazioni (Arrow 1962). L'intervento pubblico attraverso esplicite politiche di ricerca di base e ricerca applicata a sostegno dell'innovazione e della modernizzazione tecnologica diventa necessario e al centro degli obiettivi di politica economica, sia per risolvere i paradossi generati dal mercato, sia per condizionare la struttura e la condotta delle imprese (Momigliano 1986).

L'analisi delle dinamiche di sviluppo del sistema industriale e imprenditoriale italiano, a partire dall'evidenza empirica dei sistemi di piccole e medie imprese, porta infine a definire nuove prospettive di economia e politica industriale. Alla luce dei crescenti processi di internazionalizzazione dell'economia e del continuo ruolo propulsivo giocato dal cambiamento tecnologico, anche per la grande impresa, così come per la piccola, il fattore chiave della crescita e della competitività sta nella capacità di interagire con forze produttive ed economiche esterne. La crisi dell'autosufficienza della grande impresa è al centro dell'attenzione degli studi di economia e politica industriale, e l'analisi delle variabili sociali e istituzionali è considerata complementare a quella dei fattori strettamente economici e produttivi anche per comprendere le dinamiche di sviluppo, inter-

nazionalizzazione e innovazione delle grandi imprese (Becattini e Vaccà 1994; Lunghini e Vaccà 1987).

In conclusione, è interessante mettere in evidenza alcuni punti in comune tra le tre prospettive sul ruolo, condizioni ed effetti del cambiamento tecnologico. Innanzitutto, la centralità del concetto di industria tradizionalmente definito – in primo luogo da caratteristiche omogenee della domanda, in secondo luogo come risultato di una data tecnologia anch'essa omogenea, infine come interdipendenze produttive tra fornitori, produttori e clienti all'interno di un unico processo tecnico – sembra venire progressivamente meno (con la rilevante eccezione di Romano Prodi, e in parte di Sebastiano Brusco). Nel momento in cui la spiegazione delle condizioni, delle determinanti e degli effetti dell'innovazione è al centro dell'attenzione, i confini rilevanti dello spazio economico all'interno dei quali il processo ha luogo sembrano essere altri: da una parte quelli geografici, secondo la tradizione distrettualista, e dall'altra quelli organizzativi, secondo il filone di studi sulla grande impresa oligopolistica e monopolistica. Le condizioni in cui avviene il processo di cambiamento tecnologico sembrano inoltre non fare riferimento esclusivo a elementi tecnici e tecnologici, ma anche a fattori istituzionali e a quelli relativi alle forme e strutture del mercato, in modo da cogliere la complessità del contesto e delle componenti che determinano l'innovazione. Infine emerge con grande forza la necessità di studiare il cambiamento tecnologico in condizioni dinamiche, che tengano conto dell'evoluzione storica di tali fattori tecnologici, istituzionali e di mercato e dunque dell'elemento temporale.

Questi risultati verranno incorporati, a diverso titolo e con diversa enfasi, nei programmi di ricerca degli economisti dell'innovazione italiani. Il paragrafo successivo è dedicato appunto ai progetti di ricerca che caratterizzano l'articolazione dell'economia dell'innovazione in Italia negli ultimi venti anni.

2.3. Programmi di ricerca nell'economia dell'innovazione in Italia

L'economia dell'innovazione in Italia ha toccato l'eccellenza nel momento in cui ha valorizzato, da una parte, la tradizione e la storia

degli studi di economia industriale italiani e, dall'altra, alcune nicchie all'interno di altre discipline economiche (in particolare, geografia economica, economia internazionale, economia aziendale). Il confronto problematico tra economia dell'innovazione da una parte, e geografia economica (ed economia spaziale), economia aziendale e d'impresa, economia internazionale dall'altra, ha originato quattro fecondi e originali campi di studio che rappresentano altrettanti programmi di ricerca per l'economia dell'innovazione in Italia: distretti, economia spaziale e sistemi d'innovazione; struttura industriale, condizioni del mercato e regimi tecnologici; organizzazione, processi decisionali e innovazione; globalizzazione, innovazione e politiche tecnologiche. Un quinto progetto di ricerca, infine, analizza il cambiamento tecnologico a partire dai fattori specifici, strutturali e dinamici, che lo determinano, proponendo la nozione di cambiamento tecnologico localizzato caratterizzato da dinamiche «path-dependent».

2.3.1. Distretti, economia spaziale e sistemi regionali d'innovazione

L'economia dell'innovazione in Italia ha prestato grande attenzione alla dimensione geografica e spaziale, sia sviluppando una tradizione di studi tipicamente italiana, sia integrandosi con il crescente interesse che nella letteratura economica internazionale veniva dato al ruolo della prossimità geografica come fattore che favorisce esternalità non solo tecniche, spillovers di conoscenza e più in generale lo scambio di conoscenze (si veda, per esempio, Breschi e Lissoni 2001).

In particolare, tre filoni di ricerca hanno contribuito all'analisi del ruolo giocato dai fattori geografici nei processi innovativi: gli studi sui distretti industriali, le ricerche di economia spaziale e l'approccio ai sistemi locali e regionali d'innovazione. Questi filoni di ricerca hanno enfatizzato il fatto che i processi di trasmissione della conoscenza hanno un'importanza fondamentale all'interno delle dinamiche d'innovazione, favorendo un tipo di apprendimento collettivo che ha contribuito a sottolineare definitivamente le limitazioni dell'approccio neoclassico all'economia della conoscenza e dell'innovazione. Quest'ultimo analizzava infatti l'innovazione come un processo lineare e unidirezionale caratterizzato dalla semplice applicazione

delle scoperte e conoscenze scientifiche ai processi produttivi dell'impresa. Gli studi sulla dimensione geografica dell'innovazione hanno invece messo in luce che la produzione di innovazioni è il risultato della complementarità tra diversi tipi di conoscenza (non solo quindi scientifica, ma anche pratica, originata a partire dalla quotidiana attività dell'impresa) e delle interazioni e feedback sistematici tra diversi tipi di organizzazioni (università, imprese, enti pubblici, servizi).

In primo luogo, sulla base delle analisi di Fuà, Becattini e Brusco sui distretti industriali e i sistemi di sviluppo locale, la generazione e la diffusione di conoscenze tecniche, lo sviluppo economico locale e in ultima analisi l'introduzione dell'innovazione sono il risultato delle complementarità tra fattori tecnici (le indivisibilità nella produzione e la divisione del lavoro tra imprese all'interno della filiera produttiva), istituzionali (la presenza e il ruolo intermediario di istituzioni pubbliche e collettive) e geografici (l'agglomerazione degli attori all'interno di uno spazio geografico comune facilita la condivisione e la trasmissione del know-how tra le imprese).

La scuola, tipicamente italiana, dei distretti e dei sistemi di sviluppo locale ha originato una serie di contributi che progressivamente hanno dato maggiore enfasi e importanza alle dinamiche di cambiamento tecnologico e di trasmissione della conoscenza tecnica, sottolineando come questi processi trovino nelle condizioni economiche e sociali dei sistemi locali un contesto particolarmente favorevole in cui aver luogo (si veda per esempio, Bellandi e Russo 1994; Belussi 1999; Belussi e Gottardi 2000; Belussi *et al.* 2003; Russo 1985; 1996).

L'agglomerazione e la concentrazione geografica di un ampio numero di piccole e medie imprese che stabiliscono tra loro relazioni di fornitura e subfornitura costituiscono il primo fattore che favorisce la condivisione di norme e meccanismi di interazione e comunicazione comuni, in ultima analisi creando un clima di fiducia tra imprese all'interno dello stesso spazio economico e geografico che permette la condivisione di esperienze e conoscenze, al fine di migliorare la capacità competitiva delle imprese e la loro abilità nell'introdurre innovazioni. Il secondo fattore importante in questa dinamica collettiva di trasmissione e nuova generazione di conoscenze tecnologiche e innovazione è la densa rete di relazioni sociali e politiche tra imprese e istituzioni (dalle associazioni di categoria, a

quelle imprenditoriali, ai soggetti politici più in generale), che operando come intermediari e come facilitatori nello sviluppo di collaborazioni tra imprese, contribuiscono alla socializzazione dei diversi know-how imprenditoriali e alla loro diffusione all'interno del contesto locale.

Il focus dell'attenzione è qui chiaramente concentrato sul ruolo delle interazioni come meccanismo che favorisce la diffusione e la generazione di conoscenze tecniche, commerciali e pratiche di successo. Queste interazioni sono nella maggior parte dei casi ripetute nel tempo, informali, non mediate dal sistema dei prezzi e dai meccanismi di mercato, ma ampiamente basate sulle connessioni della struttura sociale e sulla trasmissione, attraverso rapporti personali tra imprenditori e tra tecnici specializzati, di un know-how essenzialmente tacito.

In altre parole, uno dei principali risultati di questo approccio è stato quello di aver sottolineato che il cambiamento tecnologico, come risultato dello scambio e della diffusione in loco di know-how, beneficia dell'integrazione sociale delle interazioni, sia di quelle a carattere produttivo (tra imprese) sia di quelle a carattere istituzionale (tra imprese e soggetti pubblici o quasi pubblici).

La scuola distrettualista, e la conseguente enfasi data alla nozione di distretto industriale, hanno le loro radici nell'analisi delle condizioni del contesto storico-economico all'interno del quale si sono sviluppate, caratterizzato dalla prevalenza di piccole imprese e dalla parallela crisi delle grandi imprese nazionali, da una struttura industriale specializzata nei settori tradizionali e da una struttura territoriale in cui la grande città e le aree metropolitane (con le loro strutture tecnologiche e scientifiche) avevano un peso relativo. Con l'evolversi del contesto economico, così come della disciplina economica, cambiano almeno in parte i fattori economici a cui dare peso nelle analisi di economia regionale. Le analisi di economia spaziale e quelle dei sistemi regionali d'innovazione rappresentano approcci complementari alla tradizione distrettualista.

Se nell'approccio distrettualista la dimensione sociale emerge come uno dei principali elementi che guidano le dinamiche di cambiamento tecnologico, favorendo l'interazione all'interno del sistema locale, l'integrazione tra il filone dei distretti industriali e i sistemi locali e i contributi internazionali di economia spaziale mette in

luce nuovi spunti e nuovi motivi interpretativi nella riflessione sulle relazioni tra cambiamento tecnologico e dimensione regionale, permettendo di meglio articolare analiticamente il ruolo dello spazio geografico nei processi innovativi. Le influenze reciproche tra economia dell'innovazione ed economia spaziale sono in questo caso feconde e permettono di approfondire almeno tre elementi chiave nella spiegazione dei processi innovativi a livello locale.

In primo luogo, a partire dalla classica analisi di Torsten Hägerstrand (1969) sul ruolo della distribuzione spaziale dell'informazione come elemento cruciale nell'adozione e nello sviluppo di innovazioni, vengono dettagliate le condizioni che favoriscono la diffusione dell'innovazione a livello locale. In particolare vengono individuate le determinanti territoriali affinché l'informazione si possa diffondere nello spazio geografico, permettendo l'accumulazione e l'adozione dell'innovazione, in ultima analisi garantendo migliori performance locali in termini di capacità innovativa: la prossimità tra imprese e operatori economici e scientifici, la vicinanza a fonti di conoscenza, università e centri di ricerca, e la presenza di un mercato del lavoro qualificato e diversificato. Attorno a questi elementi tendono a crearsi effetti di concentrazione e polarizzazione dell'attività innovativa, che dunque presenta forti elementi di cumulatività a livello spaziale. L'innovazione a livello spaziale è un processo cumulativo e «path-dependent» che si sviluppa accumulando nuova conoscenza a partire da una base di conoscenza preesistente e specifica, dunque difficilmente trasferibile in contesti caratterizzati da dotazioni industriali, tecnologiche e scientifiche diverse. In ultima analisi, la conoscenza tecnologica presenta un carattere fortemente localizzato – in base alla dotazione strutturale – che se da un lato ne favorisce la cumulatività, dall'altro ne ostacola la trasmissione.

In secondo luogo, e come conseguenza del carattere localizzato del cambiamento tecnologico, l'impatto dell'innovazione nello sviluppo economico regionale e i diversi percorsi attraverso cui regioni caratterizzate da dotazioni strutturali e infrastrutturali diverse adottano e sviluppano innovazioni, vengono specificati. L'elemento centrale al fine di valorizzare al meglio le opportunità dell'introduzione di cambiamento tecnologico in termini di sviluppo locale è la «customizzazione» dell'innovazione sulla base delle specificità industriali, tecnologiche e scientifiche della singola regione.

Infine, vengono delineati i fattori che favoriscono il trasferimento di conoscenze e i meccanismi di spillovers delle conoscenze a livello locale. In particolare, l'approccio del «milieu innovateur» (si vedano, per esempio, Camagni 1991; 1999; Capello 1999) ha ripreso l'approccio dei distretti, sottolineando che la prossimità, non solo geografica, ma anche in termini di relazioni economiche, sociali e culturali, facilita un processo di apprendimento collettivo e di distribuzione collettiva della conoscenza tecnologica che riduce la complessità e l'incertezza che, per definizione, caratterizzano l'attività innovativa. L'innovazione è un processo con peculiari elementi di incertezza – non solo relativamente all'esito finale, ma anche in relazione alle fasi iniziali di ricerca (si pensi per esempio al rischio legato ai forti investimenti in R&S) e a quelle intermedie (si pensi per esempio alla necessità di garantire un flusso continuo di risorse umane altamente qualificate in grado di gestire la cumulatività dell'innovazione), in cui i processi decisionali sono altamente complessi. L'apprendimento collettivo è dunque un'attività che richiede garanzie in termini di continuità e cumulatività. L'approccio ai «milieux» ha individuato nei legami stabili, duraturi e innovativi tra clienti e fornitori, nella presenza di un mercato del lavoro caratterizzato da basso turnover esterno e da alto turnover interno, e nei meccanismi di «spin-off», quegli elementi territoriali che rendono praticabile e effettivo l'apprendimento collettivo in contesti spaziali ben delineati.

La prossimità spaziale è qui definita non tanto come prossimità fisica, ma come prossimità sociale e culturale e, in ultima analisi, come condivisione, potremmo dire, di norme e codici di comunicazione. Tale prossimità relazionale rende la trasmissione della conoscenza più facile ed efficace, di fatto abbassandone i costi legati al rischio e all'incertezza, dunque i costi di transazione.

Come risultato viene enfatizzato il ruolo dei processi di comunicazione nelle dinamiche di innovazione a livello locale e regionale. La distribuzione e la trasmissione della conoscenza entrano in modo cruciale nei processi di generazione di nuova conoscenza tecnologica, in ultima analisi rivelandosi come una delle determinanti dell'innovazione, in particolare a livello locale, anche come effetto dell'integrazione tra i risultati delle analisi spaziali sui processi innovativi e il progressivo sviluppo, nella letteratura internazionale, dell'approccio dei sistemi regionali d'innovazione.

Elaborando l'approccio dei sistemi d'innovazione (Edquist 1997; Freeman 1995; Lundvall 1992; Nelson 1993), la nozione di sistema regionale (e locale) dell'innovazione progressivamente emerge come uno strumento utile per la comprensione, in chiave endogena e dinamica, delle complesse condizioni e delle determinanti che spiegano la creazione di nuova conoscenza tecnologica e l'introduzione dell'innovazione in contesti geografici (Braczyk *et al.* 1998; Cooke *et al.* 1997; Howells 1999).

L'approccio ai sistemi regionali e locali d'innovazione ha spiegato gli attributi dei processi di generazione della conoscenza tecnologica in termini di complementarità tra fattori tecnologici e istituzionali che caratterizzano le economie regionali. In altri termini, la produzione e diffusione di conoscenza tecnologica non è semplicemente il risultato di un percorso lineare che permette di applicare in contesti industriali e imprenditoriali le scoperte scientifiche e i miglioramenti della tecnologia ottenuti all'interno delle università e dei laboratori di ricerca. L'evidenza empirica ha mostrato come l'effettiva e ultima introduzione dell'innovazione implichi in realtà il feedback tra diversi tipi di conoscenza generati da una pluralità di attori economici e istituzionali, l'integrazione di tali conoscenze in contesti diversi da quelli in cui sono state originariamente sviluppate, e in ultima analisi la ricombinazione sistemica di tali eterogenee conoscenze.

Come già le analisi di economia spaziale avevano messo in luce, l'integrazione e la ricombinazione di conoscenze originate in contesti diversi (per esempio, accademici e imprenditoriali) sono rese difficili a causa del carattere localizzato della conoscenza tecnologica. Tuttavia, tale integrazione e trasmissione di conoscenze diverse e tra loro complementari è essenziale all'interno delle dinamiche collettive della conoscenza tecnologica e dell'innovazione. Qui entra in gioco il ruolo della prossimità geografica, ma anche istituzionale e sociale. Le caratteristiche dei contesti locali e regionali facilitano la trasmissione della conoscenza perché forniscono le condizioni sociali e istituzionali adeguate affinché l'apprendimento collettivo abbia luogo. La prossimità geografica, ma anche e soprattutto quella tecnologica, istituzionale e sociale, favorisce l'esistenza di norme, regole e istituzioni condivise che supportano la trasmissione della conoscenza tecnologica e l'apprendimento collettivo tra attori tra loro complementari. Di conseguenza, il ruolo, all'interno di tali dinamiche collettive di apprendi-

mento e innovazione, giocato dalla presenza di opportunità e di canali di comunicazione, favoriti dalla prossimità geografica e istituzionale, ma anche dalla presenza di aree metropolitane caratterizzate da rilevanti dotazioni in termini di infrastrutture scientifiche, tecnologiche e di comunicazione, è essenziale. In particolare, le caratteristiche del contesto industriale, tecnologico e istituzionale della regione in termini di opportunità e canali di comunicazione sono viste come il fattore chiave che favorisce i processi di apprendimento collettivo, trasmissione e distribuzione di conoscenza e, in ultima analisi, la produzione endogena di innovazione. La varietà di industrie, tipologie di imprese e istituzioni, e la condivisione di un insieme di norme di interazione comune favoriscono meccanismi di comunicazione e trasmissione di diversi tipi di conoscenze tra loro complementari. Dal momento che la generazione di conoscenza tecnologica collettiva implica una pluralità di attori economici e di dinamiche industriali, istituzionali e sociali, i meccanismi di interazione e quelli di comunicazione della conoscenza tecnologica sembrano essere determinanti nei processi di produzione e distribuzione della conoscenza tecnologica, spiegando in ultima analisi l'introduzione dell'innovazione e la sua natura sistemica (Antonelli 2000; Breschi e Malerba 2001; Patrucco 2003; 2004).

L'analisi delle condizioni e determinanti spaziali e geografiche dell'innovazione ha dunque sottolineato il ruolo della conoscenza tecnologica non solo come input ma anche come output delle dinamiche regionali di apprendimento e innovazione. L'economia dell'innovazione ridefinisce in parte il proprio oggetto d'analisi e si sovrappone in una certa misura all'economia della conoscenza. Inoltre, dando enfasi alle opportunità e ai canali di comunicazione e interazione come elementi determinanti per comprendere il carattere collettivo del cambiamento tecnologico a livello locale e regionale, vengono messe in luce le complementarità tra i diversi fattori che spiegano l'innovazione, cogliendone il carattere sistemico, e fornendone una interpretazione in chiave endogena.

2.3.2. Struttura industriale, condizioni del mercato e regimi tecnologici

L'economia dell'innovazione trova nell'economia industriale, specialmente in Italia, un terreno favorevole in cui crescere, via via

articolando, sviluppando e integrando i risultati dell'approccio struttura-condotta-performance.

A partire dallo studio delle caratteristiche strutturali (struttura settoriale del sistema manifatturiero, specializzazione settoriale dell'economia nazionale, livelli di concentrazione nei diversi settori e quindi relative forme di mercato, capacità occupazionale delle industrie, dimensioni d'impresa), l'economia industriale progressivamente si è orientata allo studio dell'eterogeneità delle istituzioni economiche (soprattutto in termini di relazioni tra grandi e piccole imprese, ma anche in termini di istituzioni e sistemi di incentivi pubblici e privati) e a quello del loro cambiamento nel tempo. In particolare, l'enfasi data alla diversità delle istituzioni economiche è il risultato di una prospettiva che coniuga l'approccio microeconomico (focalizzato sull'impresa come unità ultima di analisi) con quelli storico e sociologico, permettendo di allargare il raggio dell'analisi dall'impresa al contesto e alle condizioni all'interno delle quali l'impresa opera.

Tale più ampia prospettiva ha permesso di porre in rilievo l'esistenza di rilevanti interazioni strategiche tra la varietà di istituzioni economiche, rilevanti per la definizione dei problemi che l'economia industriale di volta in volta si poneva. Inoltre ha permesso di sottolineare con forza la rilevanza economica delle strategie e delle interazioni non basate sul sistema dei prezzi, in generale per le istituzioni economiche ma in particolare per le imprese. In presenza di determinate condizioni strutturali del mercato, le strategie che le imprese mettono in atto per ottenere performance competitive adeguate non sono spiegabili attraverso aggiustamenti e modifiche nei prezzi, ma richiedono altri strumenti analitici in grado di rendere conto del comportamento e delle scelte effettive delle imprese, e delle loro performance.

L'integrazione tra le classiche analisi di economia industriale, che seguivano l'approccio struttura-condotta-performance, e l'economia dell'innovazione di Joseph Schumpeter ha fornito all'economia industriale lo strumento per comprendere le principali strategie non basate sul prezzo, e all'economia dell'innovazione in Italia uno dei più fecondi campi di ricerca. In altre parole, la concorrenza basata sull'innovazione emerge come strategia competitiva che ha un impatto maggiore sulle prestazioni delle imprese rispetto alle altre strategie non basate sugli aggiustamenti dei prezzi.

Da qui, e dallo studio progressivamente più approfondito delle strategie e interazioni tra imprese basate sull'innovazione, almeno tre elementi emergono come contributi importanti nati dal connubio tra economia industriale ed economia dell'innovazione.

In primo luogo, nonostante l'accento posto da Schumpeter (1942) e dai suoi sviluppi in Italia (Momigliano 1975) sulla funzione della grande impresa come principale soggetto innovatore, le analisi di economia industriale hanno aiutato a comprendere il ruolo delle piccole imprese e di quelle di nuova formazione nei processi di innovazione. In particolare, differenze dimensionali tra le imprese inducono differenze nella capacità innovativa che sono di ordine qualitativo piuttosto che quantitativo, mostrando che piccole e grandi imprese sono tra loro complementari all'interno delle dinamiche di sviluppo e introduzione dell'innovazione.

In secondo luogo, a partire dallo studio delle relazioni tra capacità innovativa e dimensione d'impresa e da quello della complementarità tra grande e piccola impresa all'interno dei processi di innovazione, è stato sottolineato l'aspetto complesso e sistemico dell'innovazione e la necessità di sviluppare modelli cooperativi tra grande e piccola impresa per sfruttare al meglio le diverse portate innovative dei due tipi di impresa.

Infine, il progressivo riconoscimento del carattere sistemico dei processi di innovazione non riguarda solo le interdipendenze tra diversi tipi di impresa, ma anche le relazioni tra imprese (private) e istituzioni (pubbliche). Il rapporto tra scienza (pubblica) e tecnologia (privata) (si veda già Rosenberg 1976) e tra incentivi pubblici e privati all'innovazione (Arrow 1962) si ripropone in tutta la sua problematicità nell'economia dell'innovazione. Da una parte impone una riflessione sull'impatto che le condizioni di opportunità di innovazione e appropriabilità dell'innovazione che caratterizzano una industria o un mercato hanno sulle dinamiche innovative stesse; dall'altro, rinnova la questione delle politiche dell'innovazione che troverà nel dibattito sui diritti di proprietà intellettuali una nuova prospettiva.

Tali elementi nati dal confronto tra economia industriale ed economia dell'innovazione, vengono ripresi e sviluppati in particolare da due filoni di ricerca che collegano l'analisi delle caratteristiche strutturali e dinamiche dell'industria e del mercato alle performance

delle imprese: un filone che potrebbe essere definito «entry and post entry performance of the firms», che focalizza l'attenzione sulle relazioni tra struttura industriale e formazione e crescita di nuove piccole imprese; e il filone dei «regimi tecnologici», che integra l'analisi del ruolo delle opportunità tecnologiche e delle condizioni di appropriabilità dell'innovazione all'interno di un settore con elementi più tipici dell'approccio struttura-condotta-performance, mettendoli in relazione a elementi di tipo tecnologico propri di una industria, e analizzandoli in una prospettiva dinamica.

Il programma di ricerca su «entry and post entry performance of the firms» ha ricevuto particolare attenzione in Italia, anche come conseguenza della peculiare struttura industriale dell'economia nazionale, e analizza le caratteristiche strutturali del mercato in relazione alle dinamiche di entrata e formazione, sopravvivenza e crescita di nuove piccole imprese (Audretsch e Vivarelli 1995; 1996; Audretsch, Santarelli e Vivarelli 1999; Santarelli e Sterlacchini 1994; Santarelli e Piergiovanni 1995).

Il punto di partenza iniziale è la tradizionale osservazione che in presenza di elevati profitti che eccedono il livello di equilibrio in una industria, nuove imprese sono incentivate a entrare nel mercato al fine di potersi appropriare di tali profitti in eccesso, ristabilendo il livello dei prezzi e dei profitti alle condizioni di equilibrio. Tuttavia, rispetto al modello tradizionale che vedeva nell'espansione del mercato complessivo dell'industria o nell'espansione della quota di mercato delle nuove imprese entrate nel mercato gli effetti principali delle dinamiche di entrata e di formazione di nuove imprese, questa letteratura introduce due elementi di novità.

In primo luogo, in questo caso l'accento non è posto tanto sull'impatto delle nuove imprese sulla struttura del mercato in termini di livello dei profitti e dei prezzi. Le dinamiche di entrata e di formazione di nuove imprese sono viste soprattutto come forze che hanno un ulteriore effetto di disequilibrio nella struttura dell'industria, contribuendo a riorganizzarla e a ristrutturarla, introducendo continui elementi di novità (innovazione) nella popolazione delle imprese e dei prodotti presenti sul mercato.

In secondo luogo, viene criticata, sulla base di un'ampia evidenza empirica ed econometrica, l'ipotesi secondo cui la sopravvivenza e la crescita delle nuove imprese in un'industria è determinata dalla

dimensione iniziale delle imprese. La cosiddetta legge di Gibrat, infatti, ipotizzava che la capacità di sopravvivenza e crescita delle nuove imprese in un mercato fosse direttamente proporzionale alla dimensione delle stesse imprese al momento dell'entrata. In questo approccio, invece, le vere determinanti della sopravvivenza e crescita delle nuove imprese, e più in generale delle performance che caratterizzano le nuove imprese successivamente alla loro entrata in una industria, sono da ricercarsi nella struttura del mercato, definita in termini di barriere all'entrata e alla mobilità, e nella capacità di apprendimento degli imprenditori. In presenza di elevate barriere all'entrata, effetti di preselezione all'entrata permettono a imprese caratterizzate, al di là delle dimensioni aziendali, da un'elevata intensità tecnologica del capitale, da buona capacità di autofinanziamento e da accesso a mercati finanziari esterni di sopravvivere all'entrata, crescere e ottenere performance competitive, e viceversa. In presenza di basse barriere alla mobilità, definite soprattutto in termini di basso livello di concentrazione, bassi livelli di investimenti in capitale e finanziari richiesti, e presenza di nicchie di mercato – condizioni tipiche di molti distretti industriali italiani –, condizioni competitive interne al mercato meno aggressive permettono alle nuove imprese di crescere ed essere competitive, e viceversa.

Le dinamiche industriali e le prestazioni delle imprese sono dunque legate alle condizioni strutturali delle industrie e dei mercati. In questo contesto generale e assumendo, con Schumpeter, che l'innovazione sia il principale strumento di competitività, il progetto di ricerca sui regimi tecnologici arricchisce l'analisi delle relazioni tra caratteristiche industriali e dinamiche dell'innovazione. In particolare, la nozione di regime tecnologico è il risultato di un approccio più complesso e sistemico delle interazioni tra fattori industriali, di mercato, istituzionali e tecnologici all'interno dei processi che portano alla introduzione e allo sviluppo delle innovazioni, rendendo dinamico l'approccio struttura-condotta-performance (Breschi, Malerba e Orsenigo 2000; Malerba e Orsenigo 1996).

In particolare, il progetto di ricerca sui regimi tecnologici suggerisce come le caratteristiche specifiche attraverso cui l'innovazione viene generata e organizzata all'interno di una industria siano il risultato del regime tecnologico, definito in termini di condizioni tecnologiche, del tipo di conoscenza e delle condizioni istituzionali,

che caratterizza tale industria. Più nel dettaglio, la nozione di regime tecnologico è precisata dalla combinazione di quattro elementi che caratterizzano una industria: 1) le opportunità di introdurre innovazioni (opportunità tecnologiche); 2) l'appropriabilità dei risultati dell'attività innovativa da parte del soggetto innovatore (appropriabilità delle innovazioni); 3) la possibilità di accumulare conoscenze e scoperte tecniche nel tempo generando un flusso di innovazioni successive (cumulatività della conoscenza e delle scoperte tecniche); 4) le proprietà della base di conoscenza tecnologica che permette di sviluppare l'attività innovativa, definite in termini di conoscenza generica (scientifica) e specifica (pratica).

Le opportunità tecnologiche riflettono la propensione a introdurre innovazioni in funzione della spesa per ricerca e sviluppo e rappresentano le caratteristiche del sistema di incentivi a innovare proprio di una data industria: in presenza di elevate opportunità tecnologiche, le innovazioni introdotte possono essere frequenti e significative. Le condizioni di appropriabilità dell'innovazione si riferiscono alla possibilità di proteggere l'innovazione dall'imitazione e quindi alla possibilità di appropriarsi dei vantaggi economici che derivano dall'introduzione dell'innovazione. Condizioni di forte appropriabilità sono il risultato di meccanismi di protezione dell'innovazione efficaci e incentivano la spesa in ricerca e sviluppo da parte delle imprese. All'opposto, condizioni lasche di appropriabilità sono rappresentative di un ambiente dove, attraverso il meccanismo delle esternalità, una impresa può beneficiare dei risultati dell'attività innovativa di altre imprese, aumentando l'efficienza dell'attività innovativa nel settore. Opportunità tecnologiche e condizioni di appropriabilità, sintetizzando gli elementi del sistema di incentivi che caratterizza un'industria, introducono nell'analisi dei processi innovativi il fattore istituzionale: per esempio, agevolazioni finanziarie e supporto pubblico alla ricerca e sviluppo, e le caratteristiche legali del sistema dei brevetti e dei diritti di proprietà intellettuale influiscono sulle proprietà delle opportunità tecnologiche e delle condizioni di appropriabilità.

La cumulatività della conoscenza e delle scoperte tecniche introduce invece un elemento dinamico determinante all'interno dell'analisi delle caratteristiche attraverso le quali l'innovazione viene generata in una industria. Infatti, il fattore temporale è l'elemento cru-

ciale, e la possibilità di generare innovazione al tempo $t+1$ dipende dalla capacità di accumulare nuove conoscenze e scoperte al tempo t . In altre parole, a partire dalla base attuale di conoscenze e scoperte tecniche, in presenza di elevati livelli di cumulatività delle conoscenze le imprese innovative continuano a innovare gradualmente lungo un sentiero tecnologico e innovativo specifico, sfruttando i vantaggi della continuità e dei rendimenti crescenti nell'attività innovativa.

A partire dall'analisi di tali elementi caratteristici della tecnologia di una data industria, il progetto di ricerca sui regimi tecnologici analizza le caratteristiche di mercato e industriali dei processi di innovazione di un settore: il livello di concentrazione delle attività innovative tra le imprese di un settore, il livello di stabilità della gerarchia dei principali innovatori e le dinamiche di entrata e uscita di imprese innovatrici sul mercato sono posti in relazione con le dimensioni proprie del regime tecnologico. In altre parole, le variabili che definiscono un regime tecnologico influiscono sulle condizioni specifiche che caratterizzano l'attività innovativa in un settore.

Da un lato, in presenza di alte opportunità tecnologiche, basse condizioni di appropriabilità e cumulatività dell'innovazione, e una base di conoscenza tecnologica specifica, l'attività innovativa in un settore è caratterizzata da elevate dinamiche di entrata e uscita di imprese innovatrici, un ampio numero di imprese innovatrici presenti sul mercato e quindi bassi livelli di concentrazione dell'attività innovativa, e instabilità nella gerarchia degli innovatori. Viceversa, quando le opportunità tecnologiche sono limitate, mentre l'appropriabilità e la cumulatività dell'innovazione sono alte e l'industria è caratterizzata da una base di conoscenza scientifica, le condizioni in cui l'innovazione ha luogo sono quelle tipiche dell'oligopolio schumpeteriano, in cui le nuove imprese innovatrici sono poche e l'attività innovativa è concentrata in poche e stabili grandi imprese.

Nel programma sui regimi tecnologici, quindi, come nell'approccio struttura-condotta-performance, le caratteristiche dell'innovazione vengono messe in relazione agli elementi relativi alla forma del mercato (concentrazione, oligopolio, entrata di nuovi potenziali concorrenti ostacolata da comportamenti collusivi). Tuttavia, da un lato viene introdotto un elemento dinamico (reso dalla cumu-

latività della conoscenza), dall'altro i fattori istituzionali e il sistema di incentivi vengono enfatizzati come importanti condizioni strutturali nell'attività innovativa. Infine, l'enfasi data alle caratteristiche della base di conoscenza individua la necessità di includere nell'analisi dell'innovazione il ruolo delle competenze rilevanti per una data industria e tecnologia.

Analisi empiriche sulla distribuzione geografica delle attività innovative hanno inoltre messo in luce la rilevanza della nozione di regime tecnologico anche per spiegare le differenze e le similarità regionali in termini di caratteristiche e intensità dell'innovazione. In presenza di significative differenze spaziali dal punto di vista delle caratteristiche di opportunità tecnologiche, appropriabilità e cumulatività dell'innovazione, e attributi della base di conoscenza propria di ogni regime tecnologico, le regioni sono contraddistinte da analoghe differenze dal punto di vista delle proprietà e della tendenza delle dinamiche d'innovazione (Breschi 2000).

Inoltre, gli attributi tecnologici di un determinato settore e quelli della base di conoscenza che lo caratterizza, insieme all'abilità delle imprese di anticipare i concorrenti introducendo sul mercato un'innovazione dominante nel settore, non solo spiegano le differenze nella capacità di innovare da parte delle imprese e dei paesi, ma anche l'evoluzione delle specializzazioni in determinati campi tecnologici e in determinati tipi di innovazioni (Garrone, Mariotti e Sgobbi 2002).

In particolare, il sentiero delle innovazioni prodotte da un determinato paese in un settore è significativamente influenzato dalle caratteristiche delle competenze e conoscenze tecnologiche e ingegneristiche domestiche. L'accumulazione di tali conoscenze e competenze specifiche al contesto domestico determina una progressiva specializzazione delle traiettorie tecnologiche e di quelle innovative nel settore a livello nazionale, rendendo più difficile l'imitazione e l'adozione di specializzazioni tecnologiche e di innovazione sviluppate in contesti nazionali in cui le caratteristiche della conoscenza e della tecnologia sono diverse. L'evoluzione della specializzazione tecnologica di un paese è, in altre parole, fortemente condizionata e vincolata dalla base di competenze via via sviluppate e accumulate. Le dinamiche di specializzazione e di innovazione hanno dunque un carattere esplicitamente inerziale dovuto alle peculiarità delle

conoscenze tecnologiche locali. Inoltre, l'introduzione delle innovazioni segue il percorso di tale specializzazione tecnologica.

La persistenza di importanti differenze internazionali in termini di specializzazione tecnologica e distribuzione delle innovazioni, e quindi la rilevanza economica dell'ipotesi di divergenza, è spiegata attraverso le differenze domestiche in termini di caratteristiche e accumulazione della conoscenza tecnologica, che determinano evoluzioni differenti nelle attività di ricerca e sviluppo e di innovazione.

Infine, la natura inerentemente evolutiva e cumulativa delle dinamiche di innovazione, e delle modalità attraverso cui l'innovazione viene sviluppata, è posta in grande rilievo, come risultato dell'evoluzione stessa degli attributi che caratterizzano e compongono determinate industrie e tecnologie (Cainarca, Colombo e Mariotti 1989; 1992).

2.3.3. Organizzazioni, processi decisionali e innovazione

L'emergere all'interno della comunità economica internazionale, a partire dalla ricerca di Richard Nelson e Sidney Winter, di approcci eterodossi che hanno trovato nell'analogia biologica uno strumento metodologico per formulare teorie economiche più realistiche riguardanti il comportamento degli attori economici, e la progressiva messa in discussione da parte di Herbert Simon (si veda, per esempio, Simon 1982; 1997) del concetto neoclassico di razionalità assoluta sostituito con quello di razionalità limitata, hanno contribuito in modo fondamentale all'analisi dei processi innovativi all'interno dell'impresa e più in generale delle organizzazioni.

Inoltre, a partire dall'analisi di Nelson e Winter (1982) viene data grande enfasi al ruolo della conoscenza tacita. La conoscenza tacita, ancora più di quella scientifica e codificata, è un elemento determinante per lo svolgimento delle attività delle imprese e delle organizzazioni – e in primo luogo nelle attività innovative –, è incorporata nei comportamenti e nelle procedure quotidiane, è progressivamente e incrementalmente accumulata attraverso tali procedure e rappresenta il cuore delle competenze distintive e specifiche di ogni attore economico.

In questa prospettiva, l'innovazione viene considerata come un

processo di generazione di nuove conoscenze e competenze da impiegare nella soluzione dei problemi organizzativi. L'innovazione all'interno delle imprese e più in generale delle organizzazioni viene vista essenzialmente come attività di «problem solving». L'innovazione è il risultato di un processo efficiente di problem solving che, una volta rivelatosi di successo, viene adottato e incorporato nelle attività tecniche, organizzative e individuali come pratica e comportamento consueti, permettendo di ridurre sia la complessità dell'ambiente nel quale e sul quale le imprese devono prendere decisioni, sia l'incertezza relativa alle procedure con le quali affrontare tale complessità e prendere tali decisioni (Dosi e Egidi 1991).

L'immagine tradizionale dell'innovazione come processo lineare e «top-down», che applica le scoperte e le conoscenze scientifiche a specifici problemi produttivi e organizzativi, viene sostituita dall'importanza data ai feedback tra adozione di nuove tecniche, e più in generale tra know-how generato dall'attività produttiva quotidiana, creazione di nuova conoscenza, e sviluppo di innovazioni attraverso meccanismi «bottom-up».

La creazione di nuove conoscenze e competenze da applicare ai problemi delle organizzazioni non è basata sugli assunti neoclassici di perfetta disponibilità delle informazioni tra gli attori economici e capacità di mettere in atto comportamenti ottimizzanti. La razionalità assoluta del modello neoclassico, nei fatti, non è applicabile a causa dei costi troppo elevati che dovrebbero essere sostenuti dalle organizzazioni in attività di ricerca e valutazione delle informazioni necessarie.

I processi decisionali all'interno delle organizzazioni sono invece il risultato di meccanismi di apprendimento, e di adattamento all'ambiente, che sono specifici al contesto e al tempo in cui le decisioni devono essere prese. Tali meccanismi di apprendimento e adattamento emergono non a partire dalla perfetta disponibilità di informazioni e dunque dalla razionalità assoluta degli attori economici, ma hanno origine in processi di tipo «trial and error», nonché nelle conoscenze preesistenti degli attori. Le scelte che guidano tali processi decisionali si fondano di conseguenza su criteri soddisfacenti, che possono tenere conto cioè solo di informazioni e competenze specifiche, anziché su criteri di tipo ottimizzante. Una logica di razionalità limitata soggiace quindi ai processi decisionali nelle

organizzazioni (Dosi e Marengo 1993; Dosi, Marengo, Bassanini e Valente 1999).

I processi attraverso i quali gli attori economici e le organizzazioni si adattano all'ambiente nel quale agiscono, apprendono nuove conoscenze e competenze per risolvere la complessità di tale ambiente e i problemi organizzativi e tecnici che ne derivano, e dunque il modo in cui le innovazioni sono generate e introdotte nelle organizzazioni, sono quindi al centro dell'analisi in questo programma di ricerca.

Tali processi di apprendimento, che sottostanno all'attività di problem solving e dunque a quella innovativa, necessitano lo sviluppo di modelli e procedure che permettano di controbilanciare i limiti imposti dalla razionalità limitata degli attori economici e l'impossibilità di adottare comportamenti ottimizzanti. Qui il concetto di routine inteso come modello e procedura che interviene favorendo l'apprendimento organizzativo e guida le azioni degli attori economici verso la risoluzione dei problemi decisionali, contribuendo a risolvere la complessità ambientale, è di importanza cruciale (Dosi 1982; 1988).

In un contesto caratterizzato da razionalità limitata e conoscenza imperfetta, le organizzazioni attivano procedure routinarie. Le routines rappresentano delle norme e delle regole di comportamento che permettono di fronteggiare i cambiamenti nell'ambiente, risparmiando sui costi di ricerca e valutazione delle informazioni. Le routines permettono di ridurre i costi dei processi decisionali in quanto sono articolate sulla base di conoscenza (tacita) propria delle organizzazioni. Dunque, da una parte riducono i costi associati all'attività di formalizzazione e articolazione della conoscenza che eventualmente dovrebbe essere messa in atto se le organizzazioni dovessero accedere a conoscenza scientifica esterna ogni qual volta si presentasse un cambiamento o un problema da affrontare. Dall'altra, riducono i costi associati all'attività di ricerca di competenze e informazioni 'lontane' da quelle su cui si fondano le conoscenze dell'impresa. In altre parole, a fronte di problemi organizzativi, le routines permettono di mettere in atto processi decisionali e soluzioni innovative ricercate all'interno di uno spazio, per così dire, limetrofo alle procedure già adottate e rivelatesi di successo. Riducendo i processi decisionali a regolarità nei comportamenti che pos-

sono essere ripetuti nel tempo, le routines guidano l'apprendimento organizzativo, permettendo di generare nuove competenze e conoscenze compatibili con quelle già presenti nelle organizzazioni. L'apprendimento organizzativo è perciò caratterizzato da elevati livelli di cumulabilità, in particolare se le routines si rivelano di successo e comportano risultati positivi.

Il ruolo delle routines come principale veicolo di apprendimento, accumulazione di nuova conoscenza tacita nel tempo e soluzione di problemi decisionali è quindi il risultato più importante nella comprensione delle dinamiche di generazione dell'innovazione nei contesti organizzativi. La cumulabilità dell'apprendimento organizzativo e della conoscenza che ne deriva fa sì che le competenze e informazioni già possedute siano input importanti per nuove attività di problem solving e per lo sviluppo di nuove soluzioni ai problemi organizzativi.

Infine, le nozioni di routine, apprendimento organizzativo, conoscenze organizzative e, più in generale, la dimensione immateriale e cognitiva dei processi attraverso i quali favorire la generazione e applicazione della conoscenza nelle organizzazioni aprono nuovi spazi per l'interazione e lo scambio di contenuti tra economia dell'innovazione e discipline aziendali. Il management dell'innovazione e dello sviluppo di nuovi prodotti emerge come un nuovo e fertile campo di studi interdisciplinari in cui valorizzare il rigore tecnico e metodologico proprio dell'economia e prospettive più tipiche degli studi aziendali (si veda, per esempio, Sobrero e Roberts 2001; 2002).

2.3.4. Globalizzazione e innovazione

Le influenze reciproche e gli scambi nella riflessione teorica e nelle analisi empiriche tra economia dell'innovazione ed economia internazionale, e più in generale lo studio dei processi di globalizzazione, hanno dato via via risultati importanti per la teoria economica e le sue implicazioni in termini di politiche a partire dall'analisi, nell'economia classica, di David Ricardo.

Fin dalle analisi classiche, le relazioni tra scambi internazionali, posizione competitiva internazionale dei singoli paesi e innovazione sono state studiate in una prospettiva che ha dato grande risalto alla struttura settoriale, e in particolare manifatturiera, delle diverse

economie nazionali. Assumendo che le opportunità di introdurre l'innovazione tecnologica fossero ugualmente sfruttabili e distribuite tra i diversi settori al fine di ottenere vantaggi di produttività comparabili, nelle analisi classiche due economie nazionali caratterizzate da strutture industriali sostanzialmente diverse (una tradizionale, basata sulla trasformazione dei prodotti agricoli – il vino – e l'altra a più elevata intensità di capitale tecnologico, basata sull'applicazione di nuovi macchinari e tecniche – l'industria tessile –) potevano essere ugualmente competitive a livello internazionale. Le quote di mercato e i tassi di crescita economica venivano posti in relazione al livello di efficienza produttiva che ogni paese riusciva a ottenere. Il livello di efficienza delle singole economie nazionali era direttamente proporzionale al grado di incremento della produttività che l'introduzione dell'innovazione tecnologica garantiva. In questo approccio, se da una parte è chiara l'importanza data al ruolo della tecnologia e dell'innovazione come fonte di guadagni di produttività, dall'altra, l'assunzione relativa a un mondo caratterizzato da opportunità tecnologiche ugualmente distribuite poneva in secondo piano le considerevoli diversità strutturali e istituzionali delle singole economie nazionali, in ultima istanza dando maggiore enfasi all'analisi dei modi di produzione piuttosto che alle scelte relative ai diversi beni da produrre.

In questo contesto, il contributo dato dall'economia dell'innovazione e dalla scuola schumpeteriana è stato decisivo per la formulazione di una teoria più realistica ed economicamente rilevante dal punto di vista dello sviluppo delle politiche. In primo luogo, la scuola schumpeteriana ha posto in maggiore risalto l'impatto dirimpente dell'introduzione dell'innovazione di prodotto e di processo sulla composizione finale dell'output produttivo dei sistemi economici, in ultima analisi creando maggiori e inaspettate opportunità di crescita economica e competitività internazionale per i singoli paesi. In secondo luogo, l'enfasi data alla varietà nazionale e internazionale in termini di strutture e istituzioni economiche fa cadere l'assunto classico della perfetta distribuzione delle opportunità tecnologiche. Industrie diverse sono caratterizzate da opportunità tecnologiche diverse, ottengono vantaggi di produttività diversi e di conseguenza raggiungono posizioni competitive diverse a livello internazionale.

La specificità settoriale e istituzionale dell'innovazione tecnologica, ma anche organizzativa, e delle conoscenze e competenze necessarie per svilupparla e adottarla, sono ora poste al centro dell'attenzione al fine di comprendere le relazioni tra scambi internazionali, competitività internazionale e dinamiche del cambiamento tecnologico, e delineare azioni di politica economica adeguate alla varietà strutturale e istituzionale dei sistemi economici.

In un contesto internazionale in cui l'innovazione e la generazione e diffusione della conoscenza tecnologica sono sempre più pervasive, anche come conseguenza dell'attuale fase di cambiamento tecnologico basata sulle nuove tecnologie dell'informazione e della comunicazione, la relazione tra dinamiche del cambiamento tecnologico e processi di internazionalizzazione e globalizzazione dell'economia è duplice. Da un lato, i processi di globalizzazione dell'economia in corso sono stati influenzati e spinti significativamente dalla generazione e diffusione delle nuove tecnologie (in primo luogo quelle dell'informazione e della comunicazione). Dall'altro, tuttavia, processi autonomi di globalizzazione dell'economia, legati in gran parte alla crescita degli scambi internazionali e all'attività delle imprese multinazionali, hanno favorito l'incremento nella velocità della diffusione e adozione del cambiamento tecnologico.

L'effetto più evidente di tale progressiva globalizzazione dell'innovazione e della tecnologia è la creazione di nuove opportunità di crescita e sviluppo economico, che tuttavia, per essere sfruttate, richiedono cambiamenti nella tecnologia e nella organizzazione dell'attività delle imprese, nelle relazioni tra imprese e istituzioni, e nella struttura industriale dei sistemi economici. In ultima analisi, si aprono nuove prospettive per lo sviluppo delle politiche tecnologiche, basate sia sull'implementazione di collaborazioni tra una varietà di attori (imprese e istituzioni) a livello nazionale e internazionale, sia sull'introduzione di nuovi settori a più alta capacità innovativa all'interno delle economie nazionali, dunque sul cambiamento strutturale (Archibugi e Iammarino 1999; Archibugi e Michie 1995).

L'idea centrale è che la rapidità e la pervasività dell'innovazione richiedono la capacità di acquisire e distribuire nuove conoscenze e competenze attraverso processi di apprendimento che non possono essere compresi se non a partire dalle differenze istituzionali e setto-

riali che caratterizzano le singole economie nazionali e le loro relazioni competitive a livello internazionale. La comprensione di tali differenze nella produzione e diffusione di nuova conoscenza tecnologica, e dunque nelle performance innovative e competitive, in altre parole, non può essere limitata all'analisi dei meccanismi di mercato, ma deve prendere in considerazione elementi strutturali, istituzionali e relativi alle politiche pubbliche (Archibugi e Lundvall 2001).

In questa prospettiva, il riconoscimento della rapidità del cambiamento tecnologico, evidenziata dai processi di globalizzazione, conduce alla critica dell'approccio neoclassico alle politiche tecnologiche, basato sui concetti di fallimento del mercato e di efficienza allocativa. In presenza di fallimenti di mercato, le politiche neoclassiche sono orientate a far muovere i sistemi economici verso una posizione ottima attraverso l'allocatione efficiente delle risorse. In un ambiente economico che è caratterizzato da effetti dirompenti e inaspettati, per definizione, dell'innovazione sulla composizione dell'output dei sistemi economici, sulla loro struttura economica e sui loro tassi di crescita, l'approccio neoclassico e i concetti di ottimo e di efficienza statica non possono essere economicamente rilevanti.

Da un lato, l'importanza data all'analisi delle varietà strutturali e istituzionali sia all'interno dei singoli paesi che tra paesi, permette di utilizzare la nozione di sistema d'innovazione come uno strumento adeguato non solo per articolare analisi e comparazioni internazionali tra diversi sistemi d'innovazione, ma anche per delineare politiche pubbliche a livello regionale, nazionale e internazionale che si basino sulla collaborazione e le interdipendenze tra diversi attori economici e istituzionali. Inoltre, l'uso della nozione di sistema d'innovazione permette di sottolineare come tali collaborazioni e interdipendenze tra istituzioni e imprese di fatto si realizzino sempre di più a livello internazionale, piuttosto che regionale o nazionale. In questo senso, la globalizzazione dell'innovazione richiede che la formulazione di politiche tecnologiche avvenga a un livello sovranaZIONALE, per esempio europeo.

Dall'altro lato, l'evidenza empirica ha mostrato come le economie nazionali caratterizzate da migliori risultati macroeconomici siano quelle specializzate nei settori industriali più innovativi, dove la domanda in aumento e la capacità di reagire ai cambiamenti nella domanda e nei mercati offrono maggiori opportunità di crescita

economica. Sulla base di tale evidenza, politiche macroeconomiche e interventi pubblici strutturali, orientati a introdurre nuovi settori emergenti e ad alta intensità tecnologica, così come nuove istituzioni deputate alla gestione dell'innovazione, hanno il vantaggio di potersi dare un orizzonte temporale di più lungo periodo che può evitare fenomeni di «lock-in», creando opportunità per risultati macroeconomici superiori, per esempio in termini di creazione di occupazione. A partire da un approccio selettivo, l'introduzione di nuovi settori (quelli a maggiore crescita e a maggiore intensità innovativa) dovrebbe quindi essere un obiettivo centrale delle politiche tecnologiche (Vivarelli e Pianta 2000).

La complementarità tra i due approcci alle politiche tecnologiche è particolarmente rilevante nella prospettiva di creare politiche tecnologiche sopranazionali. Due strategie sono significative per un intervento pubblico a livello europeo: da un lato, modernizzare le industrie esistenti, creando meccanismi di diffusione dell'innovazione e di interazione tra gli attori economici e istituzionali; dall'altro, innovare strutturalmente la composizione dell'industria.

2.3.5. Cambiamento tecnologico localizzato e «path-dependence»

Gli elementi, tecnologici, industriali, ma anche geografici e istituzionali caratteristici del contesto in cui l'innovazione ha luogo e la dinamica peculiare attraverso cui l'innovazione si è prodotta nel tempo sono elementi chiave nella comprensione dei processi di cambiamento tecnologico, che dunque si connota come fortemente localizzato in base alle caratteristiche del contesto, e si sviluppa secondo dinamiche «path-dependent», cioè influenzate dalla sequenza di innovazioni localizzate precedentemente introdotte.

Questo programma di ricerca nasce dalla integrazione e rielaborazione della nozione di cambiamento tecnologico localizzato articolata da Joseph Stiglitz e dalle analisi, in chiave storica, di Paul David relative alle dinamiche seguite dai fatti economici e tecnologici. Inoltre, in Italia, trova uno dei suoi presupposti nell'analisi di Franco Momigliano (1966) circa il ruolo delle istituzioni sindacali come fattore che interviene e influisce nella definizione dei processi di introduzione di cambiamento tecnologico e organizzativo spe-

cifici delle caratteristiche del mercato del lavoro e del sistema economico e sociale rilevante.

La nozione di cambiamento tecnologico localizzato rende conto della complessità dei processi innovativi, tenendo in considerazione i fattori sistemici che lo caratterizzano e che ne determinano la generazione e la diffusione. In altre parole, l'innovazione ha luogo in un contesto economico specifico, connotato da elementi non solo tecnologici e industriali, ma anche geografici e istituzionali peculiari a quel contesto, che danno origine a modi di produrre e introdurre innovazione idiosincratici. I modi attraverso cui l'innovazione è generata e introdotta in un sistema economico sono cioè favoriti, ma allo stesso tempo vincolati, dalla particolare dotazione di fattori (tecnologici, industriali, geografici e istituzionali) che caratterizza il sistema economico stesso. Di conseguenza l'innovazione e la conoscenza tecnologica sono fatti peculiari con elevati livelli di idiosincrasia, che possono essere trasferiti in contesti caratterizzati da dotazioni diverse di fattori solo sopportando elevati costi di apprendimento e comunicazione. In questo contesto, tre ragionamenti analitici sono utili per articolare meglio la comprensione delle dinamiche del cambiamento tecnologico localizzato (Antonelli 1995; 1999; 2001).

In primo luogo, l'approccio del cambiamento tecnologico localizzato poggia su una nozione di conoscenza tecnologica che mette in risalto come elementi determinanti la complementarità tra tipi diversi di conoscenza e la necessità di interazioni al fine di accedere a tali diversi tipi di conoscenze. In questa prospettiva, la produzione di conoscenza tecnologica non implica esclusivamente l'implementazione, interna all'impresa, di attività di ricerca e sviluppo, ma comporta interazioni sistematiche con altre imprese (fornitori e clienti) e con istituzioni esterne al sistema manifatturiero (università, centri di ricerca, associazioni). La produzione di conoscenza tecnologica è quindi caratterizzata da interdipendenze tra diversi tipi di conoscenza generati e accumulati, in diversi contesti specifici – industriali, tecnologici e istituzionali –, da una pluralità di attori tra loro complementari. La produzione di conoscenza tecnologica presenta perciò un carattere esplicitamente sistemico, che deriva dalle interazioni necessarie a scambiare e trasmettere i differenti e, tuttavia, complementari tipi di conoscenza. La conoscenza tecnolo-

gica localizzata è il risultato di tali interazioni tra attori economici che agiscono in contesti specifici e idiosincratici in termini di caratteristiche tecnologiche, industriali e istituzionali.

In secondo luogo, come conseguenza del carattere sistemico della conoscenza tecnologica localizzata, la conoscenza esterna e i meccanismi di apprendimento giocano un ruolo determinante nelle dinamiche del cambiamento tecnologico localizzato. Uno dei principali risultati analitici in questo senso è il riconoscimento che le imprese in grado di stabilire interconnessioni con una pluralità di attori possono avvantaggiarsi della complementarità tra la conoscenza tecnologica accumulata internamente e quella presente in contesti esterni. L'implementazione di meccanismi di apprendimento rende possibile l'acquisizione e la ricombinazione di diversi tipi di conoscenze esterne anche in contesti che presentino caratteristiche differenti. Tuttavia, i processi di apprendimento riguardano anche le tecniche in essere e in uso all'interno dell'impresa. Nuove porzioni di conoscenza e nuove tecnologie possono essere introdotte più facilmente in quelle tecniche e in quei campi in cui l'impresa è più esperta, cioè laddove ha già accumulato conoscenza e know-how. Ciò introduce significativi elementi di irreversibilità nel processo di apprendimento di nuova conoscenza e di conseguente introduzione di innovazioni. L'introduzione di nuove tecnologie ha cioè luogo in quello spazio definito dalle tecniche in uso, dalle caratteristiche strutturali e organizzative dell'impresa, e dagli specifici processi di apprendimento messi in atto dall'impresa. Le dinamiche della conoscenza tecnologica e del cambiamento tecnologico sono il risultato di processi di accumulazione e integrazione tra conoscenze interne all'impresa e conoscenze esterne, quindi distribuiti tra una pluralità di attori economici con caratteristiche idiosincratice e specifiche ma tra loro complementari, e che presentano imprescindibili elementi di irreversibilità.

In questo contesto, le condizioni e i costi di accesso alla conoscenza esterna sono il terzo elemento a dover essere sottolineato. Le condizioni d'accesso alla conoscenza esterna rappresentano i fattori determinanti per rendere efficace l'acquisizione e l'accumulazione della conoscenza tecnologica. Tuttavia, dal momento che la conoscenza tecnologica è specifica ai contesti all'interno dei quali viene generata, la sua introduzione e il suo utilizzo in contesti diversi di-

ventano operazioni costose. In particolare, le condizioni di accesso alla conoscenza esterna sono rese difficili da elevati costi di comunicazione, cioè dai costi necessari alla ricerca, accumulazione e valutazione della conoscenza posseduta da attori esterni. In presenza di conoscenza tecnologica e innovazioni altamente idiosincratice specifiche ai contesti all'interno dei quali sono state sviluppate, i costi che le imprese devono affrontare per selezionare le diverse opportunità tecnologiche, valutare i tipi di conoscenza e le innovazioni più appropriate e compatibili con quelle del contesto interno, e accumularle e integrarle con queste ultime, sono molto elevati. All'opposto, più i tipi di conoscenza interna ed esterna sono simili, in quanto originati in contesti simili, più facile sarà il trasferimento di conoscenze e tecnologie. In questo senso, l'irreversibilità dell'accumulazione di nuova conoscenza e del cambiamento tecnologico è definita in relazione ai costi che devono essere sostenuti per spostarsi verso porzioni di conoscenza e verso tecnologie diverse da quelle in uso, ed è proporzionale a tali costi.

In chiave dinamica, la dotazione specifica di fattori economici, e in particolare la peculiarità delle interazioni, dei meccanismi di apprendimento e delle condizioni di accesso alla conoscenza esterna, implica che la sequenza di innovazioni generate e introdotte sia vincolata. La dinamica del cambiamento tecnologico implica che le innovazioni future saranno prodotte in uno spazio tecnico definito in termini di vicinanza alle conoscenze tecnologiche accumulate e alle innovazioni introdotte in passato. La sequenza di innovazioni è cioè fortemente connotata da dinamiche «path-dependent», che quindi non possono prescindere dal sentiero di tecnologie e innovazioni precedentemente generate e introdotte durante i diversi tempi storici t . In ogni tempo storico t le tecnologie adottate e le innovazioni introdotte sono specifiche e idiosincratice rispetto alla dotazione di fattori economici che caratterizzano un determinato contesto economico. Nei tempi storici successivi ($t + 1$, $t + 2$, ..., tn) le tecnologie adottate e le innovazioni introdotte non solo sono specifiche e vincolate rispetto alle caratteristiche del contesto in quel determinato momento, ma nemmeno possono prescindere dalla sequenza storica delle tecnologie e innovazioni precedenti. L'allontanamento dal sentiero tecnologico e innovativo imboccato è possibile solo sostenendo costi direttamente proporzionali alla distanza tecnica tra la

tecnologia precedente e quella nuova. In altre parole, i sistemi economici sono in grado di reagire con comportamenti proattivi ai cambiamenti imposti dall'ambiente all'interno del quale si trovano, innovando rispetto alle tecnologie precedenti, ma solo sostenendo costi di ricerca e di apprendimento che crescono al crescere della distanza tecnica tra le innovazioni precedentemente introdotte e quelle future. Le dinamiche del cambiamento tecnologico localizzato non sono cioè vincolate rigidamente al passato (past-dependent). Il grado di libertà con cui introdurre nuove tecnologie e innovazioni è però limitato dallo spazio tecnico, definito in relazione alle conoscenze tecnologiche e alle innovazioni precedenti, all'interno del quale il sistema si è mosso nel corso del tempo e dalla capacità di sostenere determinati costi di apprendimento e di accesso a nuove conoscenze e tecnologie.

La probabilità di introdurre una innovazione è cioè influenzata stocasticamente, ma non deterministicamente, dalla sequenza di innovazioni introdotte in precedenza e dalle competenze e conoscenze tecnologiche accumulate nel tempo per innovare. D'altra parte, l'introduzione di una innovazione è anche influenzata dalla possibilità di accedere a nuove conoscenze e tecnologie diverse da quelle precedenti. In ogni caso, forti elementi di irreversibilità caratterizzano le dinamiche del cambiamento tecnologico localizzato, in relazione alla specificità delle conoscenze e tecnologie accumulate durante la sequenza storica di interazioni e processi di apprendimento.

In conclusione, la generazione di conoscenza tecnologica e di conseguenza il processo di cambiamento tecnologico sono fortemente localizzati perché influenzati da fattori – industriali, tecnologici, istituzionali e geografici – che interagiscono determinando l'introduzione di un'innovazione specifica al contesto. Inoltre, tale innovazione è specifica anche dal punto di vista storico, in quanto risulta dall'insieme di meccanismi di interazione, complementarità e apprendimento che si sono determinati nel corso del tempo.

2.4. Conclusioni e prospettive

In conclusione, l'economia dell'innovazione è emersa come uno dei settori di punta dell'analisi economica in Italia. A partire dalle

origini nella critica al paradigma neoclassico, l'economia dell'innovazione in Italia ha progressivamente assunto una dimensione precisa e autonoma nel momento in cui ha saputo valorizzare il rigore tecnico e metodologico di tale tradizione di studi economici coniugandolo con gli spunti problematici che di volta in volta venivano posti dai confronti con altri campi della scienza economica.

L'origine nella tradizione eterodossa e il continuo confronto con campi di studio contigui hanno dato una duplice natura all'economia dell'innovazione in Italia. Da una parte, l'economia dell'innovazione si è posta in modo radicale come un nuovo modo di studiare l'economia nel suo complesso, a partire dalla spiegazione endogena e dinamica del cambiamento tecnologico (ma anche istituzionale).

Dall'altra, l'economia dell'innovazione si è connotata come nuovo campo di studi di un fenomeno che riguarda un numero ampio e diversificato di ambiti economici: l'innovazione ha determinanti, caratteristiche ed effetti che possono essere compresi adottando di volta in volta una prospettiva territoriale, industriale e di mercato, d'impresa, internazionale e storica.

I cinque programmi di ricerca presentati sono il risultato di questo posizionamento problematico dell'economia dell'innovazione nei confronti di altre discipline. Tale confronto interdisciplinare è avvenuto non solo all'interno ma anche al di fuori dall'economia e, per essere fruttuoso, richiede di mantenere uno statuto metodologico e tecnico rigoroso, cioè proprio dell'economia.

Tale confronto con altre discipline e tale rigore metodologico sono all'origine delle nuove opportunità di ragionamento e riflessione che si pongono per l'economia dell'innovazione, sia sul piano teorico e metodologico, sia dal punto di vista delle nuove prospettive per l'insegnamento della disciplina, sia infine dal punto di vista delle implicazioni in termini di politiche economiche e dell'innovazione.

Dal punto di vista teorico e metodologico, la necessità di un dialogo tra mainstream neoclassico ed eterodossia sembra essere il punto di partenza per completare il bagaglio tecnico e metodologico dell'economia dell'innovazione. La ripresa del rigore analitico e formale proprio dell'ortodossia neoclassica e la riconduzione delle analisi, anche qualitative ed empiriche, ad alcuni semplici fatti economici stilizzati sembrano essere due tra le principali conquiste tecniche e metodologiche che l'economia dell'innovazione deve anco-

ra completare. In questo senso, la crescente tensione dialettica tra eterodossia e ortodossia ha dato luogo a due tipi di risultati: da una parte, la consapevolezza, nella comunità eterodossa, di dover fare ricorso al corpus tecnico e metodologico proprio dell'economia nel momento in cui l'economia dell'innovazione, in particolare, vuole porsi come nuovo modo di fare economia. Dall'altro, lo sforzo eterodosso di arrivare a una teoria economica empiricamente rilevante e significativa dal punto di vista delle politiche economiche ha prodotto l'introduzione da parte del mainstream di concetti acquisiti dall'eterodossia, tra cui quello di esternalità di rete è forse l'esempio più rilevante.

Inoltre, la progressiva crescita, in parallelo, di contatti interdisciplinari nello studio dei processi innovativi e della conoscenza da un lato, e della necessità di maggiore rigore e radicamento disciplinare dell'economia dell'innovazione dall'altro, impongono una riflessione su quali siano il percorso e il livello di studi più appropriati all'interno dei quali inserire l'insegnamento dell'economia dell'innovazione. La progettazione didattica, in primo livello (laurea generalista), secondo livello (laurea specialistica/master) e terzo livello (dottorato) di corsi di laurea emergenti, come quelli di ingegneria gestionale e scienze della comunicazione, all'interno dei quali l'insegnamento dell'economia dell'innovazione sembra trovare nuovo spazio, dovrebbe tenere in considerazione questi elementi per un'appropriata definizione dei percorsi di studi, in modo da sfruttare complementarità tra economia dell'innovazione e altri insegnamenti e garantire una certa coerenza tra insegnamento e ricerca. Secondo e terzo livello sembrano essere i luoghi didattici più appropriati all'interno dei quali inserire l'insegnamento specifico di economia dell'innovazione, permettendo, dato il livello medio-avanzato all'interno del corso di studi, di coniugare sia rigore metodologico e tecnico che interdisciplinarietà.

Infine, dal punto di vista delle implicazioni politiche e dei meccanismi di governo, il dibattito suscitato dall'approccio dei sistemi (nazionali e regionali) d'innovazione e la conseguente necessità di focalizzare l'analisi sulle diverse strutture economiche e istituzionali che caratterizzano diversi sistemi di innovazione, evidenziano l'importanza di concentrare l'attenzione sia su politiche che incentivino cambiamenti incrementali, sia su politiche che portino a cam-

biamenti radicali nella struttura industriale e tecnologica delle economie nazionali e regionali.

Da un lato, in un contesto in cui la generazione e la diffusione della conoscenza all'interno dei processi economici assume un ruolo sempre più rilevante, le politiche dell'innovazione potrebbero essere basate in primo luogo su politiche di alta formazione orientate a fornire alle risorse umane conoscenze e competenze adeguate ad affrontare e gestire le più importanti ondate di cambiamento tecnologico (per esempio, l'introduzione e l'adozione delle nuove tecnologie dell'informazione e della comunicazione). In secondo luogo, utilizzando in chiave politica l'approccio dei sistemi nazionali dell'innovazione, e quindi valorizzando la struttura settoriale e istituzionale delle economie nazionali, la formulazione di politiche industriali orientate all'introduzione del cambiamento tecnologico all'interno dei settori che rappresentano la tradizionale specializzazione industriale delle economie nazionali avrebbe il vantaggio di sfruttare la base localizzata di fattori industriali e istituzionali, e di conoscenze economiche e tecnologiche, introducendo un tipo di cambiamento incrementale e riducendone i costi (si pensi, per esempio, all'introduzione delle nuove tecnologie dell'informazione e della comunicazione per migliorare l'organizzazione e la produttività in settori tradizionali).

Tuttavia, politiche che mirino a introdurre cambiamenti incrementali possono essere miopi e perdenti nel lungo periodo se si assume che, in generale, l'introduzione di nuove varietà industriali e istituzionali è legata allo sviluppo economico. Inoltre, nello specifico, l'evidenza empirica ha spesso mostrato come migliori performance macroeconomiche siano legate a quelle economie specializzate nei settori a più alta intensità innovativa e tecnologica. In altre parole, da questo punto di vista, l'introduzione di nuovi settori, e più in generale l'introduzione di cambiamenti nella struttura settoriale e istituzionale dei sistemi economici, dovrebbero essere un obiettivo centrale per le politiche economiche. Viceversa, nel caso in cui ne vengano sottolineati esclusivamente gli elementi relativi ai meccanismi di interazione e diffusione della conoscenza e delle innovazioni tra le industrie e le istituzioni esistenti, perdendo di vista la struttura economica e istituzionale che sta dietro ai sistemi nazionali e alle reti istituzionali che li caratterizzano, l'utilizzo in chiave

politica dell'approccio ai sistemi nazionali dell'innovazione rischia in altre parole di fornire prospettive di «policy» semplicistiche. Inoltre, il rischio può essere quello di confermare traiettorie di sviluppo economico svantaggiose e poco competitive nel lungo periodo, dando luogo a fenomeni di «lock-in» pericolosi per le economie nazionali.

La necessità di rivolgere l'attenzione alle politiche che possano innovare la struttura industriale e istituzionale dei sistemi economici emerge come una priorità per le politiche economiche e tecnologiche al fine di introdurre nuovi settori e istituzioni che, anziché semplicemente adattarsi, reagiscano proattivamente ai cambiamenti tecnologici in atto a livello internazionale. Tuttavia va comunque ribadita la complementarità, specie in prospettiva temporale, dei due approcci: da una parte la modernizzazione (incrementale) dell'industria, e dall'altra l'innovazione (radicale) della struttura economica. Inoltre, l'importanza data al ruolo dei fattori istituzionali cambia e apre i confini geografici delle politiche dell'innovazione: le politiche dell'innovazione si spostano dal livello nazionale a quello sopranazionale, con una rilevanza evidente per il futuro politico e istituzionale dell'innovazione all'interno dell'Unione Europea.

In questa prospettiva sopranazionale, un elemento di importanza fondamentale per la comprensione delle prospettive politiche dell'economia dell'innovazione è dato dalla definizione dei regimi di protezione dell'innovazione e della proprietà intellettuale. Il rapporto tra diversi regimi istituzionali e legali per la definizione della proprietà intellettuale e della proprietà delle innovazioni (per esempio, sistemi basati sui brevetti *vs.* sistemi basati sul copyright), e le relative implicazioni in termini di diffusione della conoscenza, ripropone nell'agenda dell'economia dell'innovazione nuovi paradossi e nuove «tragedies of commons» tra incentivi privati all'innovazione e benessere sociale che hanno una rilevanza cruciale per la politica economica e dell'innovazione.

Infatti, è chiaro che regimi di protezione dell'innovazione relativamente rigidi, per esempio basati sul sistema dei brevetti, che durino nel tempo e abbiano una copertura molto ampia, rappresentano un sistema di incentivi particolarmente efficace nello stimolare la produzione privata di innovazioni. In presenza di un sistema che assicuri nel tempo e nello spazio la protezione dei risultati dell'attività

innovativa a fronte di potenziali imitatori e garantisca all'innovatore la possibilità di appropriarsi dei vantaggi economici derivanti da tale attività, l'innovatore potenziale è incentivato a investire in attività di ricerca e sviluppo. D'altra parte, è altrettanto chiaro che in presenza di regimi di protezione della proprietà intellettuale rigidi, i risultati in termini di welfare sociale derivante dalla diffusione dell'innovazione non sono appropriati e il sistema si rivela inefficiente. Regimi di protezione della proprietà intellettuale molto rigidi bloccano la diffusione dell'innovazione.

All'opposto, è vero che regimi di protezione della proprietà intellettuale laschi (per esempio, breve durata e copertura dei brevetti), in cui l'innovazione può essere facilmente imitabile o appropriabile da imprese «inseguatrici», se da una parte sono efficienti dal punto di vista della diffusione sociale della conoscenza e dell'innovazione, dall'altra disincentivano la produzione privata dell'innovazione, dal momento che i rischi, per gli innovatori, di non potersi pienamente appropriare dei risultati dei propri investimenti in ricerca e sviluppo sono elevati.

Da questo punto di vista, sistemi di protezione dell'innovazione mutuati da settori in cui l'attività intellettuale è al centro di quella produttiva, come per esempio quelli basati sul copyright propri dell'industria culturale, sembrano offrire nuove opportunità per ragionamenti intorno alle politiche dell'innovazione. In questo contesto il dialogo e lo scambio di contenuti e problemi tra economia dell'innovazione e diritto rappresentano il terreno più fertile per la riflessione teorica e le sue applicazioni politiche.

In conclusione, la formulazione di politiche macroeconomiche volte a sostenere la competitività internazionale dei sistemi nazionali, la definizione di regimi di protezione dell'innovazione e dell'attività intellettuale che risolvano i paradossi tra incentivi privati e benessere pubblico, ma anche, infine, la definizione di legislazioni antitrust che stimolino la concorrenza come determinante e incentivo a innovare, sembrano rappresentare i nuovi campi in cui i risultati delle analisi dell'economia dell'innovazione possono coniugarsi con prospettive politiche nuove e a rilevanza internazionale.

Bibliografia

- Antonelli, C. (1995), *The Economics of Localized Technological Change and Industrial Dynamics*, Boston, Kluwer.
- (1999), *The Microdynamics of Technological Change*, London, Routledge.
- (2000), «Collective knowledge communication and innovation: the evidence of technological districts» in *Regional Studies*, 34 (6), pp. 535-47.
- (2001), *The Microeconomics of Technological Systems*, Oxford, Oxford University Press.
- Archibugi, D. e Iammarino, S. (1999), «The policy implications of the globalization of innovation» in *Research Policy*, 28, pp. 317-36.
- Archibugi, D. e Lundvall, B.-Å. (a cura di) (2001), *The Globalizing Learning Economy*, Oxford, Oxford University Press.
- Archibugi, D. e Michie, J. (1995), «The globalization of technology: a new taxonomy» in *Cambridge Journal of Economics*, 19, pp. 121-40.
- Arrow, K. J. (1962), «Economic welfare and the allocation of resources for invention» in Nelson, R. R. (a cura di), *The Rate and Direction of Inventive Activity*, Princeton, Princeton University Press.
- Audretsch, D. B., Santarelli, E. e Vivarelli, M. (1999), «Start-up size and industrial dynamics: some evidence from Italian manufacturing» in *International Journal of Industrial Organization*, 17 (7), pp. 965-83.
- Audretsch, D. B. e Vivarelli, M. (1995), «New-firm formation in Italy: a first report», *Economics Letters*, 48 (1), pp. 77-81.
- (1996), «Determinants of new-firm startups in Italy» in *Empirica*, 23, pp. 91-105.
- Bain, J. S. (1968), *Industrial Organization*, New York, Wiley.

Bibliografia

- Becattini, G. (1962), *Il concetto d'industria e la teoria del valore*, Torino, Paolo Boringhieri.
- (1979), «Dal 'settore industriale' al 'distretto' industriale. Alcune note sull'unità di indagine dell'economia industriale» in *Rivista di Economia e Politica Industriale*, 1, pp. 7-21.
- Becattini, G. (a cura di) (1987), *Mercato e forze locali*, Bologna, Il Mulino.
- (a cura di) (1989), *Modelli locali di sviluppo*, Bologna, Il Mulino.
- Becattini, G. e Vaccà, S. (a cura di) (1994), *Prospettive degli studi di economia e politica industriale*, Milano, Franco Angeli.
- Bellandi, M. e Russo, M. (a cura di) (1994), *Distretti industriali e cambiamento economico locale*, Torino, Rosenberg & Sellier.
- Belussi, F. (1999), «Policies for the development of knowledge-intensive local production systems» in *Cambridge Journal of Economics*, 23 (6), pp. 729-47.
- Belussi, F. e Gottardi, G. (a cura di) (2000), *Evolutionary Patterns of Local Industrial Systems*, Aldershot, Ashgate.
- Belussi, F., Gottardi, G. e Rullani, E. (a cura di) (2003), *The Technological Evolution of Industrial Districts*, Boston, Kluwer Academic Publishers.
- Bijker, W. E., Hughes, T. P. e Pinch, T. (a cura di) (1989), *The Social Construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology*, Cambridge, Mass., MIT Press.
- Braczyk, H.-J., Cooke, P. e Heinderich, M. (a cura di) (1998), *Regional Innovation Systems*, London, UCL Press.
- Breschi, S. (2000), «The geography of innovation: a cross-sector analysis» in *Regional Studies*, 34 (3), pp. 213-29.
- Breschi, S. e Lissoni, F. (2001), «Knowledge spillovers and local innovation systems: a critical survey» in *Industrial and Corporate Change*, 10 (4), pp. 975-1005.
- Breschi, S. e Malerba, F. (2001), «The geography of innovation and economic clustering: some introductory notes» in *Industrial and Corporate Change*, 10 (4), pp. 817-33.
- Breschi, S., Malerba, F. e Orsenigo, L. (2000), «Technological regimes and Schumpeterian patterns of innovation» in *Economic Journal*, 110 (463), pp. 388-410.
- Brusco, S. (1982), «The Emilian model: productive decentralisation and social integration» in *Cambridge Journal of Economics*, 6, pp. 167-84.

- (1989), *Piccole imprese e distretti industriali*, Torino, Rosenberg & Sellier.
- Cainarca, G. C., Colombo, M. G. e Mariotti, S. (1989), «An evolutionary pattern of innovation diffusion: the case of flexible automation» in *Research Policy*, 18, pp. 59-86.
- (1992), «Agreements between firms and the technological life-cycle model: evidence from information technologies» in *Research Policy*, 21 (1), pp. 45-62.
- Camagni, R. (1999), «La ville comme milieu: de l'application de l'approche GREMI a l'évolution urbaine» in *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, 3, pp. 591-606.
- Camagni, R. (a cura di) (1991), *Innovation Networks. Spatial Perspectives*, London - New York, John Wiley and Sons.
- Capello, R. (1999), «Spatial transfer of knowledge in high technology milieu: learning versus collective learning processes» in *Regional Studies*, 33 (4), pp. 353-65.
- Chamberlin, E. H. (1933), *The Theory of Monopolistic Competition*, Cambridge, Mass., Harvard University Press.
- Cooke, P., Uranga, M. e Extebarria, G. (1997), «Regional innovation systems: institutional and organisational dimensions» in *Research Policy*, 26, pp. 475-91.
- Dosi, G. (1982), «Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change» in *Research Policy*, 11, pp. 147-62.
- (1988), «Sources, Procedures and microeconomic effects of innovation» in *Journal of Economic Literature*, 26, pp. 1120-71.
- Dosi, G. e Egidi, M. (1991), «Substantive and procedural uncertainty: an exploration of economic behaviours in changing environments» in *Journal of Evolutionary Economics*, 1, pp. 145-79.
- Dosi, G. e Marengo, L. (1993), «Towards an evolutionary theory of organizational competencies» in England, R. W. (a cura di), *Evolutionary Concepts in Contemporary Economics*, Ann Arbor, University of Michigan Press.
- Dosi, G., Marengo, L., Bassanini, A. e Valente, M. (1999), «Norms as emergent properties of adaptive learning: the case of economic routines» in *Journal of Evolutionary Economics*, 9 (1), pp. 5-26.
- Edquist, C. (a cura di) (1997), *Systems of Innovation. Technologies Institutions and Organizations*, London, Pinter.

Bibliografia

- Freeman, C. (1995), «The 'National System of Innovation' in historical perspective» in *Cambridge Journal of Economics*, 19 (1), pp. 5-24.
- Fuà, G. (1957), *Reddito nazionale e politica economica*, Torino, Edizioni Scientifiche Einaudi.
- (1980), *Problemi dello sviluppo tardivo in Europa. Rapporto su sei Paesi appartenenti all'OCSE*, Bologna, Il Mulino.
- Fuà, G. e Zacchia, C. (a cura di) (1983), *Industrializzazione senza fratture*, Bologna, Il Mulino.
- Garrone, P., Mariotti, S. e Sgobbi, F. (2002), «Technological innovation in telecommunications: an empirical analysis of specialisation paths» in *Economics of Innovation and New Technology*, 11 (1), pp. 1-23.
- Gibbons, M., Limoges, C., Nowotny, H., Schwarzman, S., Scott, P. e Trow, M. (1994), *The New Production of Knowledge. The Dynamics of Research in Contemporary Societies*, London, Sage.
- Hägerstrand, T. (1969), *Innovation Diffusion as a Spatial Process*, Chicago, University of Chicago Press.
- Howells, J. (1999), «Regional systems of innovation?» in Archibugi, D., Howells, J. e Michie, J. (a cura di), *Innovation Policy in a Global Economy*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Latour, B. (1987), *Science in Action. How to Follow Scientists and Engineers through Society*, Cambridge, Mass., Harvard University Press.
- Lombardini, S. (1954), «Monopoly in the economic system» in Chamberlin, E. H. (a cura di), *Monopoly and Competition and their Regulation*, London, Macmillan.
- (1971), «Modern monopoly and economic development» in Marris, R. e Woods, A. (a cura di), *The Corporate Economy*, London, Macmillan.
- Lombardini, S. (a cura di) (1973), *Teoria dell'impresa e struttura economica*, Bologna, Il Mulino.
- Lundvall, B.-Å. (a cura di) (1992), *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, London, Pinter.
- Lunghini, G. e Vaccà, S. (a cura di) (1987), *Cambiamento tecnologico e teoria dell'impresa*, Milano, Franco Angeli.
- Malerba, F. e Orsenigo, L. (1996), «Schumpeterian patterns of innovation are technology specific» in *Research Policy*, 25, pp. 451-78.
- Marchionatti, R. e Silva, F. (1992), «Industrial economics in Italy» in Del Monte, A. (a cura di), *Recent Developments in the Theory of Industrial Organization*, London, Macmillan.

- Marris, R. (1964), *The Economic Theory of Managerial Capitalism*, New York, Free Press.
- Momigliano, F. (1966), *Sindacati, progresso tecnico e programmazione economica*, Torino, Einaudi.
- (1975), *Economia industriale e teoria dell'impresa*, Bologna, Il Mulino.
- Momigliano, F. (a cura di) (1986), *Le leggi della politica industriale in Italia*, Bologna, Il Mulino.
- Nelson, R. R. e Winter, S. G. (1982), *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Cambridge, Mass., Harvard University Press.
- Nelson, R. R. (a cura di) (1993), *National Systems of Innovation*, Oxford, Oxford University Press.
- Patrucco, P. P. (2003), «Institutional variety, networking and knowledge exchange: Communication and innovation in the case of the Brianza technological district» in *Regional Studies*, 37 (2), pp. 159-72.
- (2004), «The emergence of technology systems: knowledge production and distribution in the case of the Emilian plastics district» in *Cambridge Journal of Economics*, forthcoming.
- Prodi, R. (1966), *Modello di sviluppo di un settore in rapida crescita. L'industria della ceramica per l'edilizia*, Milano, Franco Angeli.
- (1970), *La diffusione delle innovazioni nell'industria italiana*, Bologna, Il Mulino.
- Rosenberg, N. (1976), *Perspectives on Technology*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Russo, M. (1985), «Technical change and the industrial district: the role of interfirm relations in the growth and transformation of the ceramic tile production in Italy» in *Research Policy*, 14, pp. 329-43.
- (1996), *Cambiamento tecnico e relazioni tra imprese*, Torino, Rosenberg & Sellier.
- Santarelli, E. e Piergiovanni R. (1995), «The determinants of firm start-up and entry in Italian producer services» in *Small Business Economics*, 7, pp. 221-330.
- Santarelli, E. e Sterlacchini, A. (1994), «New firm formation in Italian industry 1985-1989» in *Small Business Economics*, 6, pp. 95-106.
- Schumpeter, J. A. (1934), *The Theory of Economic Development*, Cambridge, Mass., Harvard University Press.
- (1942), *Capitalism, Socialism, and Democracy*, New York, Harper and Brothers.

Bibliografia

- Simon, H. A. (1982), *Models of Bounded Rationality*, 2 Vols., Cambridge, Mass., MIT Press.
- (1997), *Models of Bounded Rationality: Empirically Grounded Economic Reason*, vol. III, Cambridge, Mass., MIT Press.
- Sobrero, M. e Roberts, E. B. (2001), «The trade-off between efficiency and learning in interorganizational relationships for product development» in *Management Science*, 47 (4), pp. 493-511.
- (2002), «Strategic management of supplier-manufacturer relationships in new product development» in *Research Policy*, 31 (1), pp. 159-82.
- Sraffa, P. (1926), «The laws of returns under competitive conditions» in *Economic Journal*, 144 (36), pp. 535-50.
- Sylos Labini, P. (1957), *Oligopolio e progresso tecnico*, Milano, Giuffrè (trad. inglese, *Oligopoly and Technical Progress*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1962).
- (1984), *The Forces of Economic Growth and Decline*, Cambridge, Mass., MIT Press.
- (1993), *Progresso tecnico e sviluppo ciclico*, Bari, Laterza.
- Vivarelli, M. e Pianta, M. (a cura di) (2000), *The Employment Impact of Innovation: Evidence and Policy*, London, Routledge.

Nota sugli autori

Cristiano Antonelli, professore ordinario di Politica Economica presso l'Università di Torino, è uno dei principali studiosi europei di economia dell'innovazione.

Pier Paolo Patrucco è ricercatore di Politica Economica presso il Dipartimento di Economia dell'Università di Torino.

Recenti pubblicazioni
delle Edizioni della Fondazione Giovanni Agnelli

- Simona Bodo (a cura di), *Il museo relazionale. Riflessioni ed esperienze europee*. Nuova Edizione
- Marietta Stepanyants (a cura di), *Sufismo e confraternite nell'islam contemporaneo. Il difficile equilibrio tra mistica e politica* (Collana del Centro di Studi Religiosi Comparati Edoardo Agnelli)
- Mario Calderini e Giuseppe Scellato, *Interpretare l'innovazione. Fattori di successo, misure di prestazione*
- Federico Revelli, *Donare seriamente. Sistemi tributari ed erogazioni liberali al settore non profit*
- Andrea Pacini (a cura di), *L'Ortodossia nella nuova Europa. Dinamiche storiche e prospettive* (Collana del Centro di Studi Religiosi Comparati Edoardo Agnelli)
- Falk Pingel (a cura di), *Insegnare l'Europa. Concetti e rappresentazioni nei libri di testo europei*
- Roberto Mancini, Francesco Compagnoni, Romeo Astorri *et al.*, *La libertà religiosa tra tradizione e moderni diritti dell'uomo. Le prospettive delle grandi religioni* (Collana del Centro di Studi Religiosi Comparati Edoardo Agnelli)
- Centro Studi Cgm (a cura di), *Comunità cooperative. Terzo rapporto sulla cooperazione sociale in Italia*
- Lorenzo Fischer e Maria Grazia Fischer, *Scuola e società multietnica. Modelli teorici di integrazione e studenti immigrati a Torino e Genova*
- Graziella Giovannini e Luca Queirolo Palmas (a cura di), *Una scuola in comune. Esperienze scolastiche in contesti multietnici italiani*
- Vladimir A. Kolosov (a cura di), *La collocazione geopolitica della Russia. Rappresentazioni e realtà*
- Cristiano Antonelli e Mario Calderini, *Le misure della ricerca*
- Lionello Lanciotti (a cura di), *Conoscere la Cina*
- Piero Sinatti (a cura di), *La Russia e i conflitti nel Caucaso*
- Roberta Aluffi Beck-Peccoz, *Tempo, lavoro e culto nei paesi musulmani*

Finito di stampare nel mese di gennaio 2004
dalla Tipolito Subalpina s.r.l. in Rivoli (To)
Grafica copertina di Gloriano Bosio

