

Dinamica e determinanti della specializzazione tecnologica internazionale

Maria Luisa Mancusi, Fabio Montobbio

Università Bocconi di Milano, Università dell'Insubria

Classificazione JEL: O30, L10

1. INTRODUZIONE

Il recente dibattito economico su competitività e crescita economica europea (e in particolare italiana) ha posto l'attenzione sull'importanza dell'innovazione tecnologica e della base di ricerca scientifica dei paesi e delle regioni. Inoltre, in particolare per l'Italia vi sono tre aspetti interrelati, che sono sovente richiamati come fattori chiave di sviluppo: il ruolo del sistema della ricerca scientifica e tecnologica sia pubblica sia privata, il ruolo delle grandi imprese e i processi di specializzazione. In particolare esiste la preoccupazione che vi siano processi cumulativi che legano insieme la debolezza del sistema scientifico e tecnologico, il declino delle grandi imprese e un processo di specializzazione in settori a bassa opportunità tecnologica che crea, a sua volta, condizioni negative per l'attrazione di grandi imprese e la ricerca scientifica in settori avanzati.

Alcuni sforzi sono stati recentemente intrapresi per comprendere se i paesi siano effettivamente interessati da processi di specializzazione tecnologica e commerciale e se questi processi siano connessi con la convergenza nei livelli di attività innovativa, della struttura produttiva e dei profili di esportazione¹. Minore attenzione è stata invece dedicata alla relazione esistente fra specializzazione commerciale e specializzazione tecnologica e, soprattutto, alle determinanti di quest'ultima². Manca soprattutto un'analisi che tenga conto in

Gli autori desiderano ringraziare Franco Malerba e due anonimi referees per i numerosi commenti e suggerimenti ricevuti. Eventuali errori ed omissioni rimangono di responsabilità degli autori.

¹ Alcuni contributi rilevanti sono: Amiti (1999); Brasili *et al.* (1999); Archibugi, Pianta (1992; 1994); Laursen (2000).

² Si vedano ad esempio Archibugi, Pianta (1994); Patel, Pavitt (1994; 1995); Dalum *et al.* (1998); Malerba, Montobbio (2003).

maniera completa della dinamica dei processi di specializzazione e dell'endogeneità delle relazioni fra le variabili considerate.

Questo articolo si chiede che relazione ci sia fra la specializzazione tecnologica, la base di conoscenza dei singoli paesi e la loro struttura industriale e, in particolare, si concentra su come le seguenti variabili possano influenzare la *dinamica* della specializzazione tecnologica internazionale: la ricerca e sviluppo del settore privato, la concentrazione industriale in termini di attività innovativa, la qualità della ricerca nelle università e nei centri pubblici di ricerca, i flussi (o *spillover*) di conoscenza all'interno dei paesi, e infine, l'espansione dei mercati e le opportunità di profitto. Di fatto ci si pone il problema di quanto siano *soft* i modelli di specializzazione tecnologica, ovvero di quanto lentamente possano trasformarsi anche in relazione a modifiche della domanda e degli investimenti in R&S dei singoli paesi. La tesi che proponiamo in questo articolo è che la specializzazione tecnologica, pur mostrando caratteri di persistenza, si modifica nel tempo in relazione alle dinamiche dei mercati e delle opportunità di profitto, alla capacità di creare nuovi prodotti e processi sia nel settore privato, tramite la ricerca e sviluppo, sia nel settore pubblico, alla struttura di mercato dell'attività innovativa e infine in relazione a specifici processi cumulativi nella diffusione della conoscenza all'interno dei paesi. In questo lavoro mostriamo anche che la dinamica dei vantaggi (o svantaggi) tecnologici dei paesi è influenzata dalla specializzazione (de-specializzazione) in settori fra loro tecnologicamente prossimi. La metodologia si basa su un'analisi econometrica. Il panel a livello di settore e paese è dinamico e il metodo di stima tiene conto dell'endogeneità.

Il lavoro è stato organizzato nel modo seguente. Nella sezione 2 viene definito l'oggetto di studio e fornito un sintetico quadro dell'alquanto dispersa letteratura inerente la specializzazione tecnologica e la specializzazione commerciale. Nella terza sezione si discutono le possibili determinanti della dinamica della specializzazione tecnologica internazionale. Nella sezione 4 presentiamo i dati e le variabili utilizzate. La sezione 5 contiene la specificazione econometrica e la descrizione dei metodi di stima. I risultati delle regressioni sono discussi nella sezione 6. La sezione 7 individua le principali conclusioni del lavoro.

2. LA SPECIALIZZAZIONE INTERNAZIONALE TECNOLOGICA E COMMERCIALE

Questo lavoro analizza le determinanti della dinamica della specializzazione tecnologica internazionale dei paesi avanzati. Definiamo Specializzazione Tecnologica Internazionale (STI) come la performance tecnologica internazionale di un paese in una classe tecnologica relativamente alla sua performance internazionale complessiva (in tutte le classi tecnologiche). Il fatto che l'Ita-

lia sia, per esempio, specializzata nel settore delle macchine per l'imballaggio o per la lavorazione del legno, significa che la sua performance tecnologica internazionale in questi settori è più alta relativamente alla media delle altre classi tecnologiche in Italia (Malerba, Montobbio 2002; 2003; Ferrari *et al.*, 2001)³.

La STI può essere misurata utilizzando i brevetti, come la quota di domande di brevetto delle imprese (e di altre istituzioni) in un paese i e in una classe tecnologica j , relativamente alla quota mondiale delle domande di brevetto delle imprese (e di altre istituzioni) del paese i in tutte le classi. Tale indice di specializzazione viene chiamato «Vantaggio Tecnologico Comparato» (VTC) o indice di Balassa (1965) che per primo lo usò in relazione a dati di commercio estero:

$$(1) \quad VTC_{ij} = \frac{P_{ij}}{\sum_i P_{ij}} \bigg/ \frac{\sum_j P_{ij}}{\sum_j \sum_i P_{ij}},$$

dove P_{ij} rappresenta il numero di domande di brevetto (o di brevetti assegnati) nella classe tecnologica j da parte di imprese e altre organizzazioni del paese i . Questo indice ha una media ponderata uguale a uno e una distribuzione asimmetrica con valori da zero a infinito. Per le analisi econometriche è preferibile utilizzare una versione modificata e simmetrica dell'indice:

$$(2) \quad VTCN_{ij} = (VTC_{ij} - 1)/(VTC_{ij} + 1)$$

$VTCN_{ij}$ è una trasformazione monotona dell'indice di Balassa ed è meglio indicato per rappresentare la STI perché è simmetrico e riduce i valori estremi. Tale indice ha valori che appartengono all'insieme $[-1, 1]$. Valori positivi (negativi) indicano che il paese i è specializzato (de-specializzato) nella classe j .

Lo stesso tipo di indice può essere calcolato per la specializzazione commerciale dove VCC è il Vantaggio Commerciale Comparato e $VCCN$ è il suo valore normalizzato. In questo caso exp_{ij} rappresenta il valore delle esportazioni nella classe tecnologica j da parte di imprese e altre organizzazioni del paese i .

³ La STI è quindi un concetto relativo e non assoluto. Un paese potrebbe avere un vantaggio assoluto in tutte le tecnologie relativamente agli altri paesi. Giappone e Stati Uniti, per esempio, detengono vantaggi tecnologici assoluti in moltissimi settori. Tali vantaggi assoluti possono essere misurati con le quote mondiali di brevetti o di spesa in ricerca e sviluppo (R&S) detenute dalle imprese in determinate classi tecnologiche. Essi dipendono principalmente dalla dimensione del paese e dal livello di spese in R&S che le imprese in questi paesi sostengono.

$$(3) \quad VCC_{ij} = \frac{\exp_{ij}}{\sum_i \exp_{ij}} \bigg/ \frac{\sum_j \exp_{ij}}{\sum_j \sum_i \exp_{ij}} \quad e$$

$$VCCN_{ij} = (VCC_{ij} - 1) / (VCC_{ij} + 1)$$

Anche se i sentieri di specializzazione non sono casuali ma anzi, significativamente persistenti, i vincoli alla mobilità, in termini di attività innovativa, delle imprese fra classi tecnologiche, o alla loro entrata o uscita da nuove o vecchie classi, diventano meno stringenti con il passare del tempo. Quindi è importante spiegare, ed è l'obiettivo di questo lavoro, quali siano i fattori che modificano nel tempo la STI⁴. Alcune ricerche hanno legato questi profili di specializzazione e di de-specializzazione al processo di convergenza tra paesi: la letteratura empirica tende a confermare l'ipotesi di una crescente similarità della composizione settoriale delle esportazioni (Brasili *et al.*, 1999; Dalum *et al.*, 1998). Allo stesso tempo non vi è evidenza univoca sulla convergenza tra paesi a livello tecnologico, in termini di intensità di R&S o di brevetti pro-capite (Patel, Pavitt 1994; Archibugi, Pianta 1994).

Recenti studi nella tradizione teorica del *gap* tecnologico⁵ mostrano che la tecnologia e l'attività innovativa delle imprese possono spiegare gran parte della varianza nella performance commerciale dei paesi. Essi enfatizzano il ruolo giocato dalle variabili tecnologiche nel determinare le dinamiche dei vantaggi competitivi dei paesi avanzati. Questi studi mostrano, inoltre, che le dinamiche delle variabili tecnologiche (quote mondiali di brevetti, spesa relativa in R&S, investimenti fissi) e la qualità e l'originalità dei prodotti e dei processi produttivi influenzano in modo determinante la dinamica delle quote di mercato mondiali nei paesi avanzati.

Amendola *et al.* (1998) esplorano in maniera diretta la relazione tra STI e specializzazione commerciale. Attraverso regressioni *cross-sector* essi rilevano, nella maggioranza dei casi, una relazione positiva tra la specializzazione commerciale ed i valori ritardati della STI (il loro data-set copre il periodo tra il 1967 ed il 1984). In particolare, essi osservano forti legami tra la STI e la specializzazione commerciale per paesi leader tecnologici come la Germania ed il Giappone e per paesi avanzati di piccole dimensioni come l'Olanda, la

⁴ Molti lavori hanno sottolineato una crescente STI dei paesi (Archibugi, Pianta 1992a; 1994; Patel, Pavitt 1994; 1996) mentre i profili di specializzazione commerciale sembrano mostrare livelli decrescenti di specializzazione (Brasili *et al.*, 1999; Dalum *et al.*, 1998; Laursen, 2000). Laursen (2000) e Mancusi (2001) mostrano che i sentieri di specializzazione possono mutare nel tempo.

⁵ In particolare Soete (1981); Fagerberg (1988); Dosi *et al.* (1990); Greenhalg (1990); Amendola *et al.* (1993); Magnier, Toujas-Bernate (1994); Amable, Verspagen (1995).

Svizzera e la Svezia. A questo riguardo debole evidenza viene invece riscontrata per la Francia, il Regno Unito, l'Italia ed il Canada.

La relazione tra tecnologia e competitività mostra non solo specificità nazionali, ma anche sostanziali differenze settoriali. Questo risultato non è sorprendente in quanto la competitività dipende anche dal livello, dalla sofisticazione e dalle caratteristiche della tecnologia, che, a loro volta, sono influenzate da variabili *industry-specific*⁶.

Nel nostro lavoro prendiamo atto che vi è una forte endogeneità nella relazione fra STI e specializzazione commerciale. Entrambe le variabili sono caratterizzate da persistenza e si determinano a vicenda. Se, da un lato, infatti il vantaggio tecnologico delle imprese si riflette nelle loro quote di mercato mondiali, dall'altro lato, è anche vero che le esportazioni sono una componente importante delle domanda per molte imprese e, rappresentando un'opportunità di profitto, ne guidano le scelte anche in termini di investimenti in tecnologia. Il nostro lavoro pone al centro dell'analisi la dinamica della STI e quindi approfondisce soprattutto il secondo dei due legami appena evidenziati.

3. LE DETERMINANTI DELLA SPECIALIZZAZIONE TECNOLOGICA INTERNAZIONALE

In questa sezione presentiamo, innanzitutto, una breve rassegna dei pochi e sparsi contributi sulle determinanti della STI e in secondo luogo diamo conto dell'insieme di variabili che consideriamo importanti e che sottoponiamo a test empirico nello spiegare la STI.

3.1. Una breve rassegna della letteratura

L'analisi delle determinanti della STI dei paesi è ancora ad uno stadio poco avanzato. Tre sono i principali argomenti utilizzati per spiegare il crescente grado di STI.

Innanzitutto, sono stati evidenziati i vantaggi *location-specific* per l'attività innovativa, dovuti a specifiche caratteristiche dell'ambiente economico-istituzionale nazionale (o regionale). Queste considerazioni conducono alla costruzione del concetto di sistema innovativo nazionale (Lundvall, 1992; Nelson, 1993; Edquist, 1997; Montobbio, 1999) e, più recentemente, di sistema innovativo regionale (Cooke *et al.*, 2004; Howells, 1999). Questa tradizione, co-

⁶ L'aspetto *industry specific* è stato enfatizzato in particolare da Montobbio (2003); Malerba (2004); Montobbio (2004); Coriat *et al.* (2004); Malerba, Montobbio (2004).

munque, non identifica in quali specifici settori un paese o una regione tenda a specializzarsi a livello internazionale.

Una seconda tradizione si concentra maggiormente sull'impresa e sulla cumulatività dell'apprendimento e della conoscenza (Nelson, Winter 1982; Teece, 1988; Malerba, 1992; Dosi, 1997). Questo filone di letteratura trae importanti spunti dalle teorie dell'impresa di Penrose (1959) e Richardson (1972) e dal fondativo contributo di Young (1928). Questi lavori hanno introdotto nella teoria economica l'idea che alla base dei rendimenti crescenti e della crescita ci siano importanti economie esterne all'impresa e che tali economie esterne possono essere comprese solo attraverso un'analisi delle complementarità fra le imprese, delle loro specifiche competenze e delle modalità di coordinamento.

In tale quadro l'apprendimento, in particolare il *learning by interacting*, è un fattore chiave dell'attività delle imprese. Inoltre le nuove informazioni sono valutate alla luce dello stock di conoscenze accumulate nel tempo e dell'esperienza specifica dell'impresa. Processi connessi al *problem-solving* e all'apprendimento cumulativo, attività formali ed informali di R&S, interazioni verticali tra fornitori ed utilizzatori, relazioni orizzontali (competizione, imitazione e cooperazione), scambio di conoscenze con organizzazioni esterne (governo, sistema educativo, sistema finanziario, base scientifica) generano vantaggi di conoscenza e specifici all'impresa in determinate tecnologie o settori.

In questa prospettiva la STI smette di essere un fenomeno casuale per mostrare invece un elevato grado di persistenza e di cumulatività nel tempo⁷. Inoltre, ci si attende che anche l'attività innovativa delle imprese multinazionali incrementi i livelli di STI in quanto tende ad essere effettuata sempre più nelle regioni dove è più semplice appropriarsi delle esternalità positive e dei rendimenti crescenti (Patel, Pavitt 1994; Cantwell, 1995; Patel, 1995).

Infine, un terzo argomento riguarda le caratteristiche della struttura di mercato ed i profili di attività innovativa. L'evidenza fornita da Malerba e Montobbio (2003) suggerisce l'esistenza di una relazione non lineare tra STI e concentrazione dell'attività innovativa. Gli autori mostrano che la STI è più elevata per livelli di concentrazione intermedi dell'attività innovativa. Inoltre, alcuni autori hanno rivolto il loro interesse verso i temi relativi alle dinamiche della struttura di mercato, ai tassi di entrata ed uscita e alla natura ed intensità dell'attività innovativa cercando di studiare le caratteristiche tecnologiche di differenti industrie e di «mappare» le invarianze tecnologiche in profili comportamentali di impresa (Breschi *et al.*, 2000; Pavitt, 1984; Malerba, Or-

⁷ Queste caratteristiche di persistenza e cumulatività non emergono in modo automatico. I meccanismi di integrazione e coordinamento fra le competenze delle imprese e i contesti istituzionali sono molto importanti. In tal senso le politiche di sviluppo possono giocare un ruolo di consolidamento importante (Belussi, 1999).

senigo 1996; 1997). All'interno di questa impalcatura teorica diviene dunque rilevante la questione se la varianza tra paesi nella STI possa dipendere dalle differenti caratteristiche nazionali della struttura dell'attività innovativa, sotto l'assunzione che specifiche caratteristiche strutturali si adattano meglio a rispondere a specifici imperativi tecnologici.

3.2. *Accumulazione della conoscenza, strutture di mercato e specializzazione tecnologica*

Accanto allo sforzo, documentato nella sezione 2, dedicato a cercare regolarità nei sentieri di specializzazione e nella loro evoluzione, poca evidenza è stata prodotta riguardo alle determinanti della STI e in particolare della sua dinamica. Attingendo dalle tradizioni teoriche sopra esposte, l'aspirazione del nostro lavoro è quella di compiere un passo in avanti nella spiegazione della dinamica della STI, considerando in maniera coerente ed estensiva diversi settori e paesi. In particolare stimiamo un modello econometrico che ha la seguente forma ridotta:

$$(4) \quad VTCN_{ijt} = f(VTCN_{ijt-1}, A_{ijt}, SM_{ijt}, OP_{ijt})$$

La forma ridotta mette in relazione la STI del paese i nella classe tecnologica j (misurata dal vantaggio tecnologico comparato normalizzato, $VTCN_{ijt}$) ai suoi valori passati, a un insieme di variabili che rappresentano la capacità del paese i di accumulare conoscenza scientifica e tecnologica nella classe j (A_{ijt}), la struttura di mercato dell'attività innovativa (SM_{ijt}) e, infine, le opportunità di profitto e la domanda (OP_{ijt}).

3.2.1. *L'accumulazione di conoscenza scientifica e tecnologica*

La dinamica tecnologica dei paesi dipende dalla loro capacità di generare, accumulare ed assorbire la conoscenza. L'accumulazione tecnologica non è un processo casuale e non è un semplice sottoprodotto dell'attività produttiva ed economica. L'investimento intenzionale nella ricerca da parte di imprese, istituzioni e università pubbliche, la qualità di questa ricerca e la capacità di trasferire ed assorbire le novità sono stati un importante fattore di sviluppo tecnologico dei paesi industrializzati (Bell, Pavitt, 1993; Nelson, 1993).

In questo lavoro assumiamo che il legame fra la creazione e l'accumulazione di conoscenza e la STI sia caratterizzato da tre fattori principali. In primo luogo consideriamo *l'investimento passato e presente in R&S* realizzato dalle imprese e finanziato sia *intra-muros* sia dalle organizzazioni pubbliche.

Inoltre ipotizziamo che la STI sia influenzata dall'accumulazione del capitale di conoscenza in specifiche classi tecnologiche. Tale capitale viene costruito nel tempo dal flusso continuo e persistente di spese in R&S. Inoltre tale capitale è soggetto al deprezzamento della conoscenza a fronte dello sviluppo incessante di nuovi prodotti e processi. Infine, la R&S aumenta la capacità dell'impresa di imparare ed assorbire le informazioni elaborate fuori dai suoi confini migliorando ulteriormente il suo potenziale innovativo (Cohen, Levinthal 1989).

In secondo luogo l'accumulazione di conoscenza scientifica e tecnologica dipende dalla ricerca realizzata dagli istituti pubblici e dalle università. In particolare in questo lavoro vogliamo verificare se *la qualità della ricerca prodotta dalle istituzioni pubbliche*, che può essere considerata come un bene non rivale e non escludibile all'interno di un paese, sia un fattore importante nel guidare la STI. Ciò potrebbe essere particolarmente rilevante quando la ricerca pubblica arriva a risultati concreti nello sviluppare le basi di conoscenza di tecnologie specifiche, come nel caso delle biotecnologie, bio-informatica, ingegneria chimica ed altro ancora (Nelson, 1993).

Infine, l'accumulazione di conoscenza scientifica e tecnologica dipende dall'abilità delle imprese di integrare e di usare conoscenza di alta qualità che proviene da fonti diverse e da classi tecnologiche differenti. Gli *spillover* di conoscenza intersettoriale rappresentano un elemento importante nei processi di agglomerazione delle imprese a livello locale o nazionale (Mancusi, 2004; Breschi *et al.*, 2005). In questo lavoro verifichiamo l'ipotesi che la STI di un paese in una tecnologia specifica sia influenzata positivamente dagli *spillover* di conoscenza locali provenienti da tecnologie in cui il paese sia già specializzato. Attraverso tali legami di conoscenza, un paese potrà trarre beneficio dalla relativa specializzazione in altre tecnologie la cui base di conoscenza risulti affine e utilizzabile (Malerba, Montobbio 2003).

3.2.2. *Espansione dei mercati e opportunità tecnologiche e di profitto*

L'attività innovativa è effettuata dalle imprese in risposta a incentivi economici. In questo lavoro sottoponiamo a test l'ipotesi che la STI sia determinata non soltanto dall'accumulazione di conoscenza, dal cambiamento tecnologico e dalle spese pubbliche e private in R&S, ma anche dalle occasioni di profitto e dall'espansione dei mercati. Particolare attenzione recentemente è stata prestata all'analisi del rapporto causale fra le esportazioni delle imprese ed i tassi di innovazione (Aw *et al.*, 2000; World Bank, 1993). Le esportazioni possono essere considerate un canale importante di trasferimento tecnologico dal compratore al venditore, che produce potenzialmente effetti di spillover di conoscenza all'economia intera. Noi ci aspettiamo che livelli elevati di spe-

cializzazione commerciale in specifiche classi tecnologiche possano segnalare l'espansione di specifici mercati e opportunità di profitto, che a loro volta stimolano le migliori pratiche tecnologiche e l'apprendimento, influenzando in tali aree specifiche la STI.

3.2.3. *La struttura di mercato dell'attività innovativa*

Un classico tema schumpeteriano in economia industriale riguarda il rapporto fra la struttura di mercato e l'attività innovativa. Molti autori ritengono che l'accumulazione tecnologica sia un processo in gran parte guidato dalle grandi imprese (Cantwell, 1989; Patel, Pavitt 1994; 1995; Nelson, 1993). Vi è evidenza che le imprese multinazionali non attenuino le differenze internazionali nella STI e, piuttosto, tendano a concentrare la loro attività tecnologica nella casa madre. Allo stesso tempo, a seconda delle caratteristiche tecnologiche dei settori, lo sviluppo tecnologico può dipendere dall'apparire di nuove, spesso piccole imprese, che introducono nuove competenze e nuovi processi o prodotti, per esempio nella componentistica e nei settori caratterizzati da alta turbolenza, come le macchine utensili, l'ingegneria meccanica, l'abbigliamento (Malerba, Orsenigo, 1996; Breschi *et al.*, 2000).

Tale considerazione pone il problema se la varianza *cross-country* nei sentieri di specializzazione possa dipendere dalle caratteristiche della struttura dell'attività innovativa, sulla base dell'assunzione che per ogni settore vi siano archetipi strutturali specifici e particolarmente adatti a stimolare l'innovazione. Vi potrebbe essere quindi la possibilità di osservare una relazione fra la STI e la struttura a livello di impresa dell'attività innovativa. In questo lavoro noi testiamo l'ipotesi se la STI sia associata alla presenza di un *core* oligopolistico di innovatori o, alternativamente, l'ipotesi che una maggiore concentrazione innovativa (e, presumibilmente, industriale) abbia un impatto negativo sulla specializzazione attraverso una minore concorrenza e possibili effetti di deterrenza all'entrata.

3.2.4. *La persistenza dei modelli di specializzazione tecnologica*

Tutte le ipotesi menzionate devono essere controllate per la persistenza nei sentieri di STI dei paesi che è stata osservata da molti autori. In particolare, esamineremo se le nostre variabili esplicative siano statisticamente significative contro l'ipotesi nulla che i vantaggi tecnologici comparati dipendano semplicemente dai loro valori nel periodo precedente. Questo esercizio risulta particolarmente importante alla luce dei risultati sulla dinamica dell'indice di specializzazione tecnologica per un consistente numero di paesi avanzati, pre-

sentati in alcuni contributi recenti (Mancusi, 2001; 2003). Tali studi mostrano che, sebbene il profilo di specializzazione tecnologica dei paesi ed anche il livello di specializzazione nei singoli settori mostrino un notevole grado di mobilità nel tempo, la componente autoregressiva non è comunque trascurabile. Ciò risulta particolarmente vero nei paesi tecnologicamente più avanzati (es. Stati Uniti, Giappone e Germania) e per livelli bassi di specializzazione. Dunque, se da un lato nella ricerca delle determinanti della specializzazione tecnologica occorre non trascurare la componente inerziale, dall'altro i risultati di questi studi sottolineano ulteriormente l'esigenza di individuare quali siano quelle determinanti i cui cambiamenti nel tempo possano contribuire a spiegare la mobilità osservata.

3.2.5. *Differenze settoriali*

Sulla base della considerazione che ci sono differenze importanti fra settori nella base di conoscenza, nell'organizzazione industriale delle attività produttive e di innovazione, questo lavoro cerca di verificare se il ruolo delle variabili sopra delineate è diverso fra tre importanti macro settori: elettronica, chimica e meccanica. Anche se questi ampi settori sono composti da un grande numero di tecnologie differenti, importanti differenze esistono fra loro nella base di conoscenza scientifica e nelle tecnologie utilizzate (Malerba, 2004; Montobbio, 2004; Coriat *et al.*, 2004). Di conseguenza le differenze nella conoscenza di base, nelle tecnologie e nei campi scientifici influenzano i processi che collegano l'accumulazione di conoscenza scientifica e tecnologica, gli spillover intersettoriali, la concentrazione industriale ed i profili tecnologici di specializzazione dei paesi.

3.2.6. *Effetto paese*

Il percorso di specializzazione nei diversi settori può essere diverso da paese a paese. Come evidenziato dalla letteratura sui sistemi nazionali di innovazione i paesi si distinguono per un ampio insieme di fattori istituzionali che concorrono a stimolare od ostacolare le attività innovative in specifici settori. Il sistema educativo, il sistema finanziario, il mercato del lavoro, le politiche di trasferimento tecnologico, della proprietà intellettuale e della concorrenza sono alcuni esempi di fattori istituzionali che sono fortemente determinati all'interno dei confini geografici di un paese e che possono influenzare le traiettorie di specializzazione. Nel nostro lavoro cerchiamo di controllare per un effetto paese introducendo degli effetti fissi nazionali nella specificazione econometrica.

4. I DATI E LE VARIABILI

4.1. *I dati*

L'analisi empirica si concentra su sei paesi altamente industrializzati e innovativi: Stati Uniti, Giappone, Germania, Francia, Regno Unito e Italia. Per ciascuno di questi paesi sono stati raccolti dati riguardanti le domande di brevetto e le relative citazioni, il valore delle esportazioni e la spesa in ricerca e sviluppo (R&S) per il periodo 1981-94 e 135 classi tecnologiche nei settori dell'elettronica (61 classi), chimica (38 classi) e meccanica (36 classi)⁸. Si tratta di settori caratterizzati da alta intensità di ricerca e sviluppo, in cui i brevetti rappresentano un buon metodo di protezione dell'innovazione e dove quest'ultima assume un ruolo particolarmente importante.

I dati di brevetto sono tratti dal dataset EP-CESPRI, che contiene tutte le domande di brevetto presentate all'Ufficio Europeo dei Brevetti (European Patent Office, EPO) a partire dal 1978, anno in cui l'ufficio ha iniziato la sua attività. I brevetti rappresentano il miglior strumento per descrivere e misurare il profilo di specializzazione di un paese in quanto sono l'unica evidenza (indiretta) di attività tecnologica disponibile ad un elevato livello di disaggregazione e per serie storiche sufficientemente lunghe⁹. Per questo motivo le domande di brevetto sono qui utilizzate per ricostruire la distribuzione tra le diverse classi tecnologiche dell'output innovativo di un paese, la quale sintetizza la frontiera tecnologica e, quindi, il profilo di specializzazione del paese in un dato istante di tempo.

L'impiego dei dati EPO per studiare il profilo di specializzazione dei paesi ha un vantaggio addizionale: tutte le imprese che decidono di presentare domanda di brevetto all'EPO richiedono che alla loro innovazione sia riconosciuta protezione anche all'estero¹⁰. Ciò è importante perché studi precedenti hanno evidenziato che i brevetti internazionali sono caratterizzati da un livello medio di qualità più elevato rispetto ai brevetti nazionali¹¹. Inoltre, l'uti-

⁸ La lista delle 135 classi è riportata in Appendice. Complessivamente, le 135 classi coprono il 68 per cento del numero totale di domande di brevetto all'EPO.

⁹ Griliches (1990) contiene una discussione dettagliata sui vantaggi e i problemi associati all'utilizzo dei dati di brevetto.

¹⁰ L'Ufficio Europeo dei Brevetti è stato fondato sulla base di un accordo tra tredici paesi europei: Austria, Belgio, Francia, Germania, Grecia, Italia, Liechtenstein, Lussemburgo, Olanda, Spagna, Svezia e Gran Bretagna. In seguito, altri sei paesi sono divenuti membri (Cipro, Danimarca, Finlandia, Irlanda, Monaco e Portogallo). Una domanda di brevetto presentata all'Ufficio Europeo dei Brevetti può potenzialmente essere estesa a tutti i paesi aderenti, ma in media il numero di stati designati per brevetto è pari a otto.

¹¹ Eaton *et al.* (1999), ad esempio, riportano uno studio empirico sulla decisione di presentare domanda di brevetto, realizzato su un campione di dati di impresa. I risultati mostrano

lizzo di brevetti internazionali attenua notevolmente il problema della distorsione nei confronti del mercato domestico che caratterizza le analisi basate su dati nazionali¹². Questo problema ha probabilmente influenzato i risultati sul profilo di specializzazione degli Stati Uniti emersi dalla gran parte delle analisi precedenti, le quali hanno impiegato dati sui brevetti statunitensi¹³. Occorre infine specificare che dal dataset impiegato nell'analisi sono stati esclusi tutti gli inventori individuali per evitare distorsioni nella rappresentazione del profilo di specializzazione di un paese dovute alla elevata brevettazione di bassa qualità da parte di tali inventori nei settori in cui essi risultano particolarmente attivi.

Il dataset contiene anche le citazioni a brevetti precedenti incluse in ciascun documento di brevetto. Queste hanno il fondamentale scopo legale di definire con precisione quale parte della conoscenza descritta nella domanda è nuova (e per la quale, quindi, si richiede il brevetto) e quale, invece, è già inclusa in brevetti antecedenti (e costituisce, quindi, la base a partire dalla quale la nuova conoscenza è stata prodotta). Fin dal lavoro di Jaffe *et al.* (1993), le citazioni di brevetto sono considerate il migliore strumento per tracciare i flussi di conoscenza: la citazione ad un brevetto precedente indica, infatti, che la conoscenza contenuta in tale brevetto è stata utile allo sviluppo della nuova conoscenza contenuta nel brevetto citante. Per questo motivo, le citazioni consentono di costruire variabili di *spillover* basate su una misurazione diretta della diffusione della conoscenza tra la fonte e la destinazione, evitando così misurazioni indirette che utilizzano indici di prossimità costruiti *ad hoc*. Le citazioni di brevetto sono state anche ampiamente utilizzate per misurare il valore dei brevetti citati: quanto maggiore è il numero di citazioni che un brevetto riceve da brevetti successivi, tanto maggiore è da ritenersi l'impatto che la conoscenza contenuta nel brevetto ha avuto in termini di

che il 95 per cento del valore totale associato ai diritti tutelati dai brevetti è contenuto in innovazioni per cui è stata presentata domanda di brevetto in almeno un altro paese oltre al paese di residenza dell'impresa innovatrice.

¹² Poiché l'Ufficio Europeo dei Brevetti ha sede a Monaco, in Germania, nei primi anni di attività è evidente una maggiore propensione da parte delle imprese tedesche a presentare domande di brevetto in quella sede, rispetto ad imprese residenti in altri paesi. È questo il motivo per cui i primi anni di attività sono stati esclusi dall'analisi empirica.

¹³ I punti di forza e quelli di debolezza del sistema statunitense sembrano infatti differire se valutati utilizzando i dati sulla brevettazione negli Stati Uniti oppure i dati sulla brevettazione da parte di imprese statunitensi in uffici brevetti esteri. In particolare, mentre non sembra emergere una correlazione significativa tra i dati dell'ufficio di brevetti statunitense, da un lato, e i dati dell'EPO e degli uffici brevetti di Francia e Germania, dall'altro, il profilo di specializzazione degli Stati Uniti emergente dai dati degli uffici brevetti esteri presenta un coefficiente di correlazione sempre superiore a 0.7 (Archibugi, Pianta 1992a; 1992b).

nuove opportunità tecnologiche e di profitto, quindi tanto migliore è la qualità dell'innovazione protetta dal brevetto ¹⁴.

Infine, i dati sul valore delle esportazioni sono tratti dalla banca dati OECD-ITCS (International Trade by Commodity Statistics) e i dati sulla spesa in ricerca e sviluppo dalla banca dati OECD-ANBERD (Analytical Business Enterprise Research and Development). I tre gruppi di dati utilizzati (brevetti e citazioni, esportazioni e R&S) sono classificati secondo diversi principi e classificazioni diverse: brevetti e citazioni sono classificati utilizzando la classificazione IPC (International Patent Classification), le esportazioni sono classificate utilizzando i codici SITC (Standard International Trade Classification) e le spese in ricerca e sviluppo seguono la classificazione ISIC (International Standard Industrial Classification). Le 135 classi utilizzate nell'analisi sono costruite sulla base di una concordanza tra le classificazioni IPC ed SITC, elaborata da Grupp e Munt (1995), mentre la concordanza tra le 135 classi e la classificazione ISIC è stata elaborata dagli autori ed è presentata in Appendice.

4.2. *Le variabili*

La variabile dipendente è costituita dall'indice di vantaggio tecnologico comparato normalizzato, le cui proprietà sono già state descritte nella sezione 2. Questo è stato calcolato per ciascuna classe tecnologica j e ciascun paese i in ogni anno t ($VTCN_{ijt}$), utilizzando come totale mondiale il numero complessivo di domande di brevetto presentate da imprese e organizzazioni dei sei paesi inclusi nell'analisi. In modo analogo, come variabile rappresentativa delle opportunità di profitto utilizziamo l'indice di vantaggio commerciale comparato normalizzato, calcolato a partire dai dati sul valore delle esportazioni espresso in dollari correnti ($VCCN_{ijt}$). Questo indicatore di profittabilità è dunque rappresentato dalla performance del paese in termini di esportazioni e il segno atteso della variabile $VCCN$ è positivo: il paese i tenderà a specializzarsi maggiormente in quelle classi tecnologiche dove maggiori sono le opportunità di profitto.

È importante notare che la relazione fra specializzazione tecnologica e specializzazione commerciale potrebbe presentare aspetti di causazione reciproca e quindi essere endogena. Il vantaggio tecnologico delle imprese ne influenza la competitività e si potrebbe tradurre in un guadagno di quote di mercato mondiali. Allo stesso tempo vi è un ampio filone di studi che mostra come le esportazioni siano una componente fondamentale della domanda per

¹⁴ Breschi *et al.* (2005) presentano una rassegna sull'uso delle citazioni per misurare diversi tipi di *spillover*.

molte imprese e ne guidino gli investimenti e le traiettorie tecnologiche ¹⁵. Nel nostro esercizio empirico teniamo conto dell'endogeneità tramite stime GMM e ci focalizziamo sulla relazione causale che lega la specializzazione commerciale alla specializzazione tecnologica.

Di seguito, riportiamo ora la descrizione delle altre variabili impiegate nell'analisi econometrica.

4.2.1. La ricerca e sviluppo

L'input fondamentale dell'attività innovativa, nella classe j del paese i al tempo t , è rappresentato dall'investimento in ricerca e sviluppo (R_{ijt}), il quale concorre a determinare lo *stock* cumulato di capitale conoscitivo nella classe j del paese i al tempo t . Questo può essere calcolato nel modo seguente (si veda Hall, Mairesse 1995):

$$(5) \quad S_{ijt} = (1 - \delta_S)S_{ijt} + R_{ijt-1}$$

dove δ_S è il tasso di deprezzamento della conoscenza, ovvero il saggio a cui la conoscenza diviene obsoleta. Il valore dello *stock* di conoscenza nel primo periodo è quindi:

$$(6) \quad S_{ij1} = R_{ij1}/(g + \delta_S)$$

dove g è il tasso di crescita delle spese in R&S (assunto costante nel tempo) ¹⁶.

Il valore dello *stock* di conoscenza è stato quindi standardizzato tra paesi e classi utilizzando ancora una volta l'indice di specializzazione derivato da Balassa (1965):

$$(7) \quad VRC_{ijt} = \frac{S_{ijt}}{\sum_i S_{ijt}} \bigg/ \frac{\sum_j S_{ijt}}{\sum_j \sum_i S_{ijt}} \quad \text{e} \quad VRCN_{ijt} = \frac{(VRR_{ijt} - 1)}{(VRR_{ijt} + 1)}$$

¹⁵ Si può fare riferimento ad Aw *et al.* (2000) e a De Loecker (2004). Breschi *et al.* (2005) propongono una rassegna su questo tema controverso.

¹⁶ Sull'esempio di Gustavsson *et al.* (1999), utilizziamo un tasso di deprezzamento della conoscenza, δ , pari al 15 per cento, e un tasso di crescita delle spese in R&S, g , del 6 per cento (cf. anche Hall, Mairesse 1995). Assumiamo inoltre che l'investimento in R&S contribuisce allo stock di conoscenza con un ritardo di tre anni.

Dal punto di vista teorico, una maggiore specializzazione del paese i in attività di ricerca e sviluppo nella classe j si tradurrà in una migliore performance relativa del paese nella stessa classe in termini di output innovativo: il segno atteso della variabile $VRCN$ è dunque positivo.

4.2.2. Qualità dell'output innovativo di università e centri pubblici di ricerca

Per misurare la qualità dell'output delle attività innovative pubbliche nella classe j del paese i al tempo t utilizziamo le domande di brevetto depositate all'EPO da parte di università e centri di ricerca pubblici (P_{ijt}^U) e il numero di citazioni ricevute da tali brevetti nei cinque anni successivi alla presentazione della domanda (CIT_{ijt}^U). Il numero di citazioni per brevetto (CIT_{ijt}^U/P_{ijt}^U) viene quindi standardizzato per il numero di citazioni per brevetto nella classe j a livello mondiale:

$$(8) \quad INTCIT_{ijt} = \frac{\frac{CIT_{ijt}^U}{P_{ijt}^U}}{\frac{CIT_{jt}^U}{P_{jt}^U}}, \quad CIT_{ijt}^U = \sum_{s=0}^4 C_{ijt+s}^U$$

$$CIT_{jt}^U = \sum_{k=0}^6 CIT_{kjt}^U \quad e \quad P_{jt}^U = \sum_{k=0}^6 P_{kjt}^U$$

dove C_{ijt+s}^U è il numero di citazioni al tempo $t+s$ rivolte a brevetti «pubblici» del paese i classificati nella classe tecnologica j la cui domanda risale all'anno t , e l'indice k è relativo ai paesi nel dataset.

L'indice $INTCIT$ risulta maggiore di 1 quando i brevetti «pubblici» nella classe j del paese i ricevono un numero di citazioni più alto relativamente agli altri paesi. Questo indica presumibilmente un contenuto in termini conoscitivi di tali brevetti particolarmente elevato e quindi una qualità superiore dell'output innovativo della ricerca pubblica. Dal punto di vista teorico, ciò implica un effetto positivo sulla specializzazione del paese i nella classe j , e quindi un segno atteso positivo per la variabile $INTCIT$.

4.2.3. Flussi di conoscenza e spillovers

Come spiegato in precedenza, i flussi di conoscenza possono essere tracciati utilizzando le citazioni di brevetto. In particolare, l'uso delle citazioni

consente di ricostruire i flussi di conoscenza nello spazio tecnologico all'interno di ogni paese. Per ciascun paese abbiamo costruito una matrice quadrata delle citazioni in cui il singolo elemento $\{j, k\} = \{C_{jk}^i\}$ rappresenta il numero di citazioni effettuate, in tutto il periodo 1981-94, da brevetti del paese i classificati nella classe j a brevetti del paese i classificati nella classe k . Gli elementi lungo la diagonale principale, $\{j, j\}$, rappresentano il numero di citazioni che rimangono nella stessa classe. Poiché ci interessa evidenziare il ruolo dei legami di conoscenza tra classi tecnologiche ed i conseguenti flussi di conoscenza, sostituiamo i valori lungo la diagonale principale con degli zeri e dividiamo ciascuno degli elementi al di fuori della diagonale principale per il numero totale di citazioni dirette a brevetti classificati in qualsiasi classe $k \neq j$, ovvero:

$$(9) \quad CIT_{NODIAGij} = \sum_{k \neq j} C_{jk}^i = \sum_k C_{jk}^i - C_{jj}^i$$

Ne risulta una nuova matrice quadrata i cui elementi sono:

$$(10) \quad u_{jk}^i = C_{jk}^i / CIT_{NODIAGij} \quad \text{e} \quad u_{jj}^i = 0$$

In particolare, u_{jk}^i rappresenta il numero relativo di citazioni dirette dalla classe j alla classe k ¹⁷. Questi sono quindi utilizzati come pesi per costruire la variabile di spillover nel modo seguente:

$$(11) \quad LINKCIT_{ijt} = \sum_{k \neq j} u_{jk}^i VTCN_{ikt}$$

Valori positivi della variabile $LINKCIT$ indicano che nel paese i la classe j ha forti legami di conoscenza con altre classi in cui il paese risulta relativamente specializzato, ciò dovrebbe tradursi in un impatto positivo sul grado di specializzazione del paese i la classe j . Al contrario, valori negativi della variabile $LINKCIT$ indicano che nel paese i la classe j ha forti legami di conoscenza con altre classi in cui il paese risulta relativamente de-specializzato e questo comporterà un effetto negativo sulla specializzazione del paese i la classe j . Il segno atteso della variabile $LINKCIT$ è dunque positivo.

¹⁷ Si noti che, in media, i tre quarti delle citazioni sono citazioni intra-classe, con percentuali che vanno da 0.72 nella chimica a 0.86 nella meccanica.

4.2.4. Struttura di mercato delle attività innovative

La variabile rappresentativa della struttura di mercato dell'innovazione è l'indice di concentrazione di Herfindahl costruito sulla base della quota di brevetti detenuti da ogni impresa nella classe j del paese i al tempo t :

$$(12) \quad HERF_{ijt} = \sum_{f=1}^{F_{ijt}} \left(\frac{P_{ijt}^f}{P_{ijt}} \right)^2$$

dove F_{ijt} indica il numero complessivo di imprese innovative nella classe j del paese i al tempo t , e P_{ijt}^f è il numero di domande di brevetto presentato dall'impresa f . La natura *count* dei dati su cui tale indice è calcolato genera però una distorsione verso l'alto quando il numero di brevetti su cui è calcolato è esiguo (Hall, 2001), come accade in diverse classi tecnologiche, soprattutto nel settore della chimica¹⁸. L'indice è stato dunque aggiustato per correggere tale distorsione seguendo la procedura suggerita da Hall (2001) nel modo seguente:

$$(13) \quad HERFC_{ijt} = \frac{P_{ijt} HERF_{ijt} - 1}{P_{ijt} - 1}$$

Come già spiegato in precedenza, il segno atteso per questa variabile è incerto.

¹⁸ L'equazione (12) riporta l'indice di Herfindahl campionario, la cui controparte nella popolazione è data da (tralasciamo, per semplicità gli indici ijt):

$$\eta = \sum_{f=1}^F \lambda_f^2$$

dove λ_f rappresenta la probabilità multinomiale con cui P domande di brevetto ricadano nella classe f (ovvero, siano presentate dall'impresa f). Sotto ipotesi ragionevoli, risulta che:

$$E(P/P) = \lambda_f.$$

Sfortunatamente, però, a causa della non-linearità, ciò non implica che l'indice di Herfindahl sia non distorto, ovvero che:

$$E(HERF) = \eta.$$

5. LA SPECIFICAZIONE ECONOMETRICA

Alla luce delle motivazioni teoriche discusse nella sezione 3 e delle variabili utilizzate per misurare le principali determinanti della specializzazione tecnologica descritte nella sezione 4, la specificazione econometrica testata nell'analisi empirica è la seguente:

$$(14) \quad VTCN_{ijt} = \beta_0 + \beta_1 VTCN_{ijt-1} + \beta_2 VCCN_{ijt} + \beta_3 VRCN_{ijt} + \\ + \beta_4 INTCIT_{ijt} + \beta_5 LINKCIT_{ijt} + \beta_6 HERFC_{ijt} + \sum_{i=1}^5 \delta_i D_i + \varepsilon_{ijt}$$

$$\varepsilon_{ijt} = \alpha_{ij} + u_{ijt}$$

dove i indica il paese ($i = 1, \dots, 6$), j la classe tecnologica ($j = 1, \dots, 135$), t l'anno ($t = 1981, \dots, 1994$) e le variabili D_i sono *dummies* che controllano per la rilevanza di «effetti paese».

L'equazione (14) è una specificazione dinamica in quanto include la variabile dipendente ritardata tra i regressori, che risulta necessariamente endogena, in quanto correlata con il termine di errore a causa della presenza degli effetti individuali (α_{ij}). Inoltre, alcune delle variabili esplicative utilizzate sono anch'esse da ritenersi endogene o predeterminate¹⁹: occorre quindi impiegare metodi di stima appropriati, che consentano di «strumentare» in modo adeguato le variabili esplicative problematiche. Data la struttura panel dei dati, il metodo di stima più comunemente usato risulta essere quello sviluppato da Arellano e Bond (1991), in cui il metodo GMM (Generalized Method of Moments) è applicato al modello in differenze prime, utilizzando ritardi successivi in livello della variabile dipendente e delle altre variabili endogene o predeterminate come strumenti per la differenza prima della variabile dipendente ritardata e di ciascuna variabile endogena o predeterminata. Nel modello in differenze prime non compaiono, infatti, gli effetti individuali: ritardi successivi della variabile dipendente sono dunque buoni strumenti in quanto non correlati con l'errore del modello in differenze, ma correlati con la variabile da strumentare (proprio perché il modello che spiega la variabile dipendente include la componente autoregressiva).

Nella situazione presente la stima è, però, ulteriormente complicata dall'elevata persistenza che caratterizza alcune delle serie impiegate²⁰: in questi

¹⁹ Basti pensare che alcune delle variabili esplicative sono costruite a partire dal numero di brevetti (o dalle citazioni in essi contenute) così come la variabile dipendente e che con alcune altre variabili esplicative esiste una relazione teorica bidirezionale (si pensi, ad esempio, alle variabili *VCCN* e *VRCN*).

²⁰ Ciò è vero, in particolare, per le serie *VCCN*, *VRCN* e *LINKCIT*. In tutti questi casi, il

casi l'identificazione del modello può risultare compromessa e la distorsione elevata perché gli strumenti disponibili sono molto deboli. La soluzione consiste nello stimare un sistema in cui al modello in differenze è affiancato il modello in livelli – ovvero, esattamente quello riportato nell'equazione (14) – per il quale i valori ritardati delle differenze prime di ciascuna variabile endogena/predeterminata sono utilizzati come strumenti per le variabili stesse in livello (Arellano, Bover 1995). La validità di tali strumenti è assicurata dall'assunzione di stazionarietà delle condizioni iniziali sulla variabile dipendente ($VTCN_{i,1981}$). Per questo motivo, nello stimare l'equazione (14) utilizzeremo quest'ultimo metodo di stima (GMM-SIS), assumendo che la variabile dipendente ritardata, l'indice di specializzazione commerciale, l'indice di specializzazione in attività di ricerca e sviluppo e la variabile di spillover siano endogeni (ipotesi non rigettata dai dati, come mostra la sezione successiva).

Un'ulteriore complicazione alla stima dell'equazione (14) è data dalle caratteristiche dei dati disponibili. È ben noto che i dati di brevetto possono essere problematici per due motivi. In primo luogo, a livello di impresa la brevettazione tende ad essere saltuaria: i risultati innovativi sono il prodotto di attività di ricerca e sviluppo che hanno spesso un andamento nel tempo non prevedibile e irregolare e che può variare notevolmente tra classi tecnologiche anche appartenenti allo stesso settore. In secondo luogo, sebbene nei settori a cui si riferiscono i nostri dati il brevetto rappresenti un buono strumento di protezione dell'innovazione e quindi si possa ragionevolmente supporre che esso sia ampiamente utilizzato dalle imprese nei vari paesi, ciononostante le condizioni di appropriabilità e, soprattutto, di opportunità tecnologica possono variare da una classe all'altra, anche all'interno dello stesso settore.

In entrambi i casi, il risultato è che, all'interno di ciascuno dei tre settori a cui appartengono i dati del nostro campione, esiste una notevole variabilità tra le classi tecnologiche in termini di numero di domande di brevetto²¹. Per questo motivo si è deciso di concentrare l'analisi solo sulle classi tecnologiche che registrano un numero complessivo di domande di brevetto sufficientemente alto da evitare salti e buchi nei dati che pregiudicherebbero l'affidabilità delle stime. Si è scelto dunque di includere nell'analisi econometrica

coefficiente autoregressivo stimato con il metodo OLS, che è distorto verso l'alto, risulta essere significativamente minore di 1 (ovvero, le serie non presentano radice unitaria), ma comunque molto vicino a 1 (in particolare, il coefficiente è pari a 0.954 per la serie *VCCN*, 0.987 per *VRCN* e 0.956 per *LINKCIT*).

²¹ Ciò è particolarmente vero per il settore della chimica, in cui la dimensione media (sull'intero arco temporale) della classe è di 2096 brevetti (contro una dimensione media pari a 2807 nel settore della meccanica e 4057 nell'elettronica), con diverse classi caratterizzate da poche decine di domande di brevetto all'EPO nell'intero campione (ovvero dal 1981 al 1994 e da parte di tutti i sei paesi).

solo quelle classi tecnologiche per cui all'EPO si sono registrate almeno 1000 domande di brevetto nel periodo 1981-94²².

6. I RISULTATI

I risultati della stima dell'equazione (14) sono riportati nella tabella 1. La stima è stata effettuata separatamente su ciascuno dei tre settori per evidenziare le specificità settoriali nella dinamica e nelle determinanti della specializzazione tecnologica. La specificazione preferita per ciascun settore è quella riportata nella colonna «GMM-SIS» in cui viene applicato il metodo di stima spiegato nella sezione precedente. Nelle colonne denominate «Within» sono riportati i risultati ottenuti stimando il modello con il metodo «effetti fissi» che, data la presenza di variabili endogene, fornisce stime distorte. Sebbene distorta, la stima «Within» è solitamente riportata come elemento di confronto: si può infatti dimostrare che, in un modello che include una componente autoregressiva, quale quello riportato nell'equazione (14), la stima «Within» del coefficiente autoregressivo risulta distorta verso il basso.

Ciò significa che uno stimatore consistente dovrà, in generale, fornire una stima del coefficiente della variabile dipendente ritardata superiore a quella fornita dal metodo «Within». Osservando la tabella 1 si può verificare che, in tutti i casi, la stima del coefficiente autoregressivo nella colonna «Within» risulta inferiore alla stessa stima riportata nella colonna «GMM-SIS». Ciò rassicura sulla bontà del metodo di stima adottato, insieme agli opportuni test di specificazione riportati in fondo alla tabella 1: m_1 , m_2 , Sargan.

La statistica m_1 rivela la presenza di correlazione seriale negativa del primo ordine nel termine di errore del modello stimato; tale presenza è indotta dalla trasformazione in differenze del modello. Mentre l'autocorrelazione del primo ordine non crea alcuna difficoltà nella stima, l'eventuale presenza di autocorrelazione del secondo ordine renderebbe le stime «GMM-SIS» inconsistenti. La statistica m_2 serve proprio a testare la presenza di correlazione seriale del secondo ordine: nella chimica e nella meccanica l'ipotesi nulla di assenza di correlazione non può chiaramente essere rigettata, mentre nell'elettronica ciò non è possibile, anche se il p-value del test è appena superiore al 5 per cento.

²² Questa restrizione del campione ha effetto in modo particolare sul settore della chimica, ma garantisce che i risultati delle stime per i diversi settori siano maggiormente comparabili tra loro, in quanto ottenuti a partire da campioni omogenei in termini di distribuzione dell'attività innovativa e in termini di numero di osservazioni (unità *cross-section*).

TAB. 1. I risultati della stima dell'equazione (14)

	Elettronica		Chimica		Meccanica	
	Within	GMM-SIS	Within	GMM-SIS	Within	GMM-SIS
<i>Vtcn</i> (-1)	0,258*** (,050)	0,279** (,115)	0,179*** (,040)	0,210** (,035)	0,067** (,029)	0,101** (,097)
<i>Vccn</i>	0,026 (,050)	0,346*** (,111)	-0,017 (,035)	0,089 (,106)	0,126** (,062)	0,333*** (,107)
<i>Vrcn</i>	0,123* (,073)	0,371*** (,109)	0,200 (,154)	0,433*** (,140)	0,100 (,079)	-0,018 (,136)
<i>Intcit</i>	0,013*** (,004)	0,016** (,006)	0,011 (,007)	0,006 (,008)	0,009** (,004)	0,009* (,006)
<i>Linkcit</i>	-0,012 (,062)	0,128 (,118)	0,097 (,077)	-0,260 (,250)	0,293*** (,095)	0,501** (,146)
<i>Herfc</i>	-0,170** (,074)	-0,298*** (,074)	0,010 (,074)	-0,118 (,074)	-0,510*** (,090)	-0,506*** (,089)
<i>DE</i>	-	0,172*** (,043)	-	-0,072* (,037)	-	0,069 (,060)
<i>FR</i>	-	0,168*** (,049)	-	-0,261*** (,077)	-	0,174*** (,043)
<i>IT</i>	-	0,157*** (,048)	-	-0,211*** (,065)	-	0,200*** (,051)
<i>JP</i>	-	0,083** (,040)	-	-0,124** (,051)	-	-0,078* (,043)
<i>UK</i>	-	0,050 (,038)	-	-0,080* (,048)	-	0,086 (,062)
<i>Costante</i>	-	0,012 (,034)	-	0,020 (,035)	-	0,055 (,045)
<i>m₁</i>		-6,623		-7,218		-5,670
<i>m₂</i>		1,937		0,741		-0,497
<i>Sargan</i>		0,247		0,053		0,143
<i>Gruppi</i>	192	192	186	186	162	162

Nota: Tutti i modelli includono dummies temporali e, in parentesi, sono riportati gli *standard errors* asintotici. Le colonne GMM-SIS riportano le stime one-step con *standard errors* corretti per la presenza di eteroschedasticità. m_1 e m_2 riportano il valore dei test di correlazione del primo e secondo ordine, distribuiti asintoticamente secondo una $N(0,1)$. Il test di Sargan è distribuito secondo una χ^2 e testa la validità delle restrizioni utilizzate (ovvero degli strumenti): nella tabella è riportato il corrispondente *p*-value.

Livello di significatività: *** 1 per cento, ** 5 per cento, * 10 per cento.

Infine, il test di Sargan, di cui nella tabella è riportato il *p*-value, conferma pienamente la validità degli strumenti impiegati (e quindi dei risultati ottenuti) nel caso dell'elettronica e della meccanica, mentre fornisce un esito più incerto nel caso della chimica. Ciò è in parte spiegato dal maggior grado di eteroschedasticità, che caratterizza le osservazioni in quest'ultimo settore: in presenza di eteroschedasticità, infatti, il test di Sargan tende a rigettare più frequentemente l'ipotesi nulla di validità degli strumenti, anche quando questa è vera.

Tutte le regressioni confermano che la dinamica della specializzazione tecnologica è caratterizzata da un significativo grado di *path-dependence* ed ha carattere cumulativo: in tutti i settori, infatti, la componente autoregressiva

risulta positiva e significativa, anche se appare meno rilevante nella meccanica rispetto all'elettronica ed alla chimica. Questo risultato è conforme a quanto ottenuto in studi precedenti, le cui conclusioni sono state riassunte nella sezione 3 (cfr., ad esempio, Laursen, 2000; Mancusi, 2001; 2003; Patel, Pavitt 1994; Archibugi, Pianta 1992a; 1992b). I risultati sui coefficienti delle variabili esplicative rivelano però differenze significative nelle determinanti della specializzazione tecnologica dei diversi settori.

Il coefficiente dell'indice di vantaggio commerciale comparato (*VCCN*) è positivo e significativo nell'elettronica e nella meccanica. Vi è evidenza quindi di una relazione statisticamente significativa fra specializzazione commerciale e tecnologica. Tenendo presente che la relazione fra queste variabili è molto articolata e nel medio-lungo periodo ci si può aspettare che esse si influenzino reciprocamente, il coefficiente positivo e significativo potrebbe suggerire che maggiori esportazioni ed un grado più elevato di specializzazione commerciale stimolano l'impiego delle migliori pratiche tecnologiche e i processi di apprendimento e di innovazione, i quali, a loro volta, contribuiscono a migliorare il grado di specializzazione tecnologica.

Per quanto riguarda il ruolo svolto dallo stock di conoscenza accumulato nel tempo e dalla sua distribuzione tra classi tecnologiche (*VRCN*), questo risulta una determinante importante e significativa nei settori dell'elettronica e della chimica. Questo risultato è in linea con le nostre aspettative, in quanto l'elettronica e la chimica sono i due settori in cui più forte è il contributo della ricerca applicata e di base all'innovazione e in cui, quindi, più forte è il legame tra il grado di sviluppo della base conoscitiva e il grado di specializzazione nelle conseguenti attività innovative.

I risultati sul ruolo della qualità dell'output innovativo di università e centri di ricerca pubblici è, al contrario, parzialmente sorprendente. Esso non risulta, infatti, rilevante nella chimica, mentre nell'elettronica e nella meccanica il coefficiente della variabile *INTCIT* è significativo e del segno atteso (positivo), anche se il suo impatto è molto contenuto rispetto a quello delle variabili già discusse. Il fatto che il ruolo della ricerca pubblica non appaia rilevante non è così sorprendente perché, mentre la brevettazione da parte di università e centri di ricerca pubblici è relativamente diffusa in paesi come gli Stati Uniti e la Francia, lo stesso non accade in paesi come l'Italia, dove una più corretta valutazione del ruolo svolto dalla ricerca pubblica dovrebbe rendere conto, ad esempio, delle collaborazioni tra imprese e personale universitario²³. Ciò che, invece, è sorprendente è che nella chimica la stessa varia-

²³ È stato verificato che in diversi brevetti detenuti da imprese, docenti e ricercatori universitari compaiono tra gli inventori indicati nel documento di brevetto, anche in assenza di un formale rapporto di collaborazione tra l'impresa e l'università di appartenenza (Balconi *et al.*, 2004).

bile non sia significativa, anche se l'osservazione precedente può contribuire, almeno in parte, a spiegare questo risultato. In entrambi i casi, la debolezza interpretativa della variabile *INTCIT* evidenzia lo scarso valore di proxy per la qualità dell'output innovativo pubblico della variabile stessa, più che l'irrelevanza della ricerca pubblica nel concorrere a determinare la performance innovativa del sistema paese in determinati ambiti tecnologici.

L'ultima variabile volta a rendere conto del ruolo della conoscenza nella determinazione del profilo di specializzazione tecnologica di un paese è la variabile rappresentativa degli *spillovers* di conoscenza (*LINKCIT*), la quale è significativa e positiva solo nel settore della meccanica. Solo in questo caso è confermata la nostra ipotesi che la STI di un paese in una specifica classe tecnologica sia positivamente influenzata dagli *spillover* di conoscenza locali provenienti da tecnologie in cui il paese risulta già specializzato.

Infine, la variabile rappresentativa della struttura del mercato innovativo (*HERFC*) è significativa e negativa nell'elettronica e, ancor più, nella meccanica. La STI sembra quindi non essere associata alla presenza di un *core* oligopolistico di innovatori (come invece suggerito da alcuni autori, Dasgupta, Stiglitz 1980; Malerba, Orsenigo 1996, Breschi *et al.*, 2000). Al contrario, il grado di concentrazione nelle attività innovative sembra avere un effetto negativo sulla specializzazione attraverso una minore concorrenza e possibili effetti di deterrenza all'entrata. In realtà, è più probabile che la concentrazione innovativa abbia un effetto non lineare sulla specializzazione tecnologica. Abbiamo testato questa possibilità introducendo nelle regressioni la variabile *HERFC*²: in tutti i settori i segni e la significatività dei coefficienti delle altre variabili rimangono invariati, la loro grandezza resta pressoché costante, mentre la variabile lineare (*HERF*), pur rimanendo significativa, diviene positiva e la variabile *HERFC*² mostra un segno negativo. Queste regressioni non sono riportate perché il test di Sargan rigetta sempre l'ipotesi di validità degli strumenti, probabilmente a causa dell'elevato grado di correlazione tra le due variabili *HERF* e *HERFC*². Ciononostante, questo interessante risultato suggerisce che l'ipotesi che la specializzazione tecnologica sia positivamente legata all'esistenza di un *core* oligopolistico di innovatori è valida fino ad un certo livello di concentrazione. Oltre tale livello, l'elevata concentrazione ha l'effetto di limitare l'ingresso di nuovi innovatori al punto da ridurre la capacità di generazione e sfruttamento delle opportunità tecnologiche, con un conseguente impatto negativo sulla performance innovativa del sistema (questo risultato è in linea con quanto trovato da Malerba e Montobbio 2003).

7. CONCLUSIONI

L'importanza dell'innovazione tecnologica e della base di ricerca scientifica dei paesi e delle regioni è stata sottolineata con forza dal recente dibattito economico sulla competitività e crescita economica europea. Vi sono tre aspetti che sono spesso richiamati come importanti fattori di sviluppo: il ruolo del sistema della ricerca scientifica e tecnologica pubblica e privata, il ruolo delle grandi imprese e i processi di specializzazione. Diversi paesi possono intraprendere diverse traiettorie a carattere virtuoso o declinante a seconda di come questi fattori sono interrelati. Per l'Italia per esempio sono stati spesso messi in evidenza la debolezza del sistema scientifico e tecnologico, il declino delle grandi imprese e un processo di specializzazione in settori a bassa opportunità tecnologica che crea, a sua volta, condizioni negative per l'attrazione di grandi imprese e la ricerca scientifica in settori avanzati.

Il presente lavoro prende in considerazione una parte di queste articolate relazioni e cerca di approfondire le determinanti della specializzazione tecnologica dei paesi e la sua dinamica nel tempo; in particolare esso si chiede quale sia l'impatto sulla specializzazione tecnologica dell'accumulazione scientifica e tecnologica, della domanda e delle opportunità di profitto derivanti dalla struttura del commercio internazionale. Si chiede inoltre se tale relazione sia diversa fra settori e se vi sia un effetto-paese che influenzi la dinamica della distribuzione settoriale delle attività tecnologiche. L'accumulazione scientifica e tecnologica può avvenire attraverso la R&S, attraverso la qualità della ricerca pubblica o attraverso *spillovers* di conoscenza tecnologica. Per quanto riguarda il ruolo delle grandi imprese in questo lavoro noi testiamo l'ipotesi che la specializzazione tecnologica internazionale sia associata alla presenza di un *core* oligopolistico di innovatori o, alternativamente, l'ipotesi che una maggiore concentrazione industriale abbia un impatto negativo sulla specializzazione attraverso una minore concorrenza e possibili effetti di deterrenza all'entrata.

A tal fine sono state utilizzate tre banche dati: per gli indicatori tecnologici sono stati utilizzati i brevetti e le citazioni dell'Ufficio Brevetti Europeo (EP-CESPRI database), i dati sul valore delle esportazioni sono tratti dalla banca dati OECD-ITCS e i dati sulla spesa in ricerca e sviluppo dalla banca dati OECD-ANBERD. Sono stati analizzati in maniera estensiva i processi di specializzazione in sei paesi industrializzati (Stati Uniti, Giappone, Germania, Francia, Regno Unito e Italia) ed in 135 classi tecnologiche appartenenti a tre settori industriali (chimica, elettronica e meccanica), nel periodo dal 1981 al 1994.

L'analisi econometrica ha mostrato che la specializzazione tecnologica in questo gruppo di paesi presenta un elevato grado di persistenza nel tempo e che l'espansione dei mercati e le opportunità di profitto, l'accumulazione di conoscenze tecniche e scientifiche e, infine, la struttura di mercato sono tutti

elementi che concorrono a determinare il profilo di specializzazione tecnologica dei paesi stessi. Ciononostante, queste componenti assumono rilevanza diversa nei diversi settori.

I risultati della nostra analisi mostrano che maggiori esportazioni ed un grado più elevato di specializzazione commerciale contribuiscono a migliorare il grado di specializzazione tecnologica. Questo paper interpreta questa evidenza sottolineando che maggiori esportazioni potrebbero rappresentare migliori opportunità di profitto, stimolare l'impiego delle migliori pratiche tecnologiche e i processi di apprendimento e di innovazione. Anche l'accumulazione della conoscenza è una determinante fondamentale del grado di specializzazione di un paese in un'area tecnologica nei due settori in cui più forte è il contributo della ricerca applicata e di base all'innovazione (elettronica e chimica) e in cui, quindi, più forte è il legame fra il grado di sviluppo della base conoscitiva e il grado di specializzazione nelle conseguenti attività innovative.

Nell'elettronica e nella chimica, settori tipicamente ad alta intensità di R&S, c'è un importante effetto diretto di R&S all'interno di ogni classe tecnologica, nella meccanica, invece, l'impatto dell'accumulazione di conoscenza passa attraverso meccanismi di spillover nazionali. La qualità dell'output innovativo pubblico sembra avere, invece, un impatto limitato, anche se questo risultato può essere in buona parte attribuito ad una oggettiva difficoltà nel misurare la qualità e il trasferimento della ricerca pubblica attraverso i dati di brevetto. Infine, la specializzazione tecnologica è associata alla presenza di un *core* oligopolistico di innovatori. Tale relazione però sembra essere valida fino ad un certo livello di concentrazione, oltre il quale essa ha un effetto negativo.

Questo paper richiama l'attenzione quindi su alcuni aspetti che hanno conseguenze in termini di politica per l'innovazione. Innanzitutto risulta difficile pensare a politiche tecnologiche che non tengano conto delle specificità settoriali nei processi attraverso cui la conoscenza viene accumulata e applicata alla produzione di beni con valore economico (Malerba, 2004; Malerba, Montobbio 2004). L'apertura sui mercati internazionali sembra essere un pre-requisito importante che stimola l'accumulazione tecnologica. Infine il nostro lavoro sottolinea che all'interno di ogni classe tecnologica e in ogni paese la struttura dell'attività innovativa in termini di mix dimensionale di imprese è rilevante. In tale circostanza i due pericoli speculari a cui potrebbe andare incontro una traiettoria di specializzazione tecnologica sono rappresentati da un declino delle grandi imprese o, al contrario, da una eccessiva concentrazione in poche imprese che limitano il grado di concorrenza, le possibilità di entrata e la varietà tecnologica nel sistema economico.

La lista delle classi tecnologiche:

Chemicals

Technical polymers; Thermoplastics; Polyacetale; Artificial and natural caoutchouc; Natural polymers; Plastic trash; Plastic products; Inorganic chemical compounds; Inorganic oxygen compounds; Inorganic sulphide compounds; Other metal salts; Other inorganic chemical products; Radioactive substances; Synthetic textile fibres; Artificial textile fibres; Trash; Organic oils and fats; Wax; Artificial wax; Chemical products of wood or resins; Hydrocarbons; Alcohol; Carbon acid; Compounds with nitrogen function; Organic-inorganic compounds; Lactam, other heterocyclic compounds; Sulphamide; Ether, alcohol peroxide; Synthetic organic colours and varnishes; Tanning agents and paint extracts; Colours, varnishes, pigments; Glazes, sealing compounds; Vitamins, provitamins, antibiotics; Hormones and derivatives; Micro-organisms, vaccines; Reagents and diagnostics; Other special medicines; Other pharmaceutical products; Cosmetics (no soaps); Etheric oils and perfumes; Soaps; Detergents; Ski-wax, furniture polishes; Fertilisers; Insecticides; Starch; Proteins; Explosives, gunpowder; Fuses, ignition chemicals; Pyrotechnic articles, fireworks; Matches; Additives for lubricating oil, corrosion inhibitors; Liquids for hydraulic brakes, anti-freezing compounds; Lubricants, emulsions for grease, artificial graphite emulsion; Gas cleansing; Catalysts; Additives for metals; Benzol, naphtha; Electronic and electro-technical chemical compounds; Chemical substances for constructions; Chemicals for fire extinguishers, liquid polychlor diphenyle

Electronics

Ignition cables, electrical cars; Small electrical engines, electrodes; Portable electrical tools; Motors, electrical engines and electrodes; Magnetic tapes; Choke coils, converters, transformers; Traffic lights, etc.; Generators and equipment; Particles accelerator; Transformers; Lasers; Fridges (for home and industry), air conditioning; Washing machines, dryers, dish washers; Electrical shavers, hair-cutting machines, hoovers; Electric heating; Computers and equipments; Computer chips and equipments; Photocopying machines and equipments; Type-writers and other office devices; TV, radio, TV-cameras, video-cameras, antennas, oscilloscopes; Microphones, loud-speakers, recorders; Telephones (no mobile phones); Radio engineering devices; Circuits; Resistors; Switches, fuses; Control panels; Cables (without ignition); Insulators; Capacitors; Electro-magnets; Electrical diagnostic devices (no X-rays); X-rays;

Instruments to show ionic beams; Diodes, transistors; Integrated circuits; Batteries, accumulators; Portable electrical lamps

Machinery

Printing machines; Steam-boiler; Machines for food processing; Steam-turbines for ships; Steam-turbines for steam power plants; Machines to process rocks, etc.; Gas-turbines for aeroplanes; Gas-turbines for power stations; Wood processing machines; Plastic processing; Cutting machine tools (saws, etc.); Non cutting machine tools; Metal-working rolling mills; Soldering irons, blow lamps, welders; Torches, furnaces; Ovens, distilling apparatuses, gas distilling; Piston-drive engines for aeroplanes; Pumps, centrifuges, filters; Engines for cars; Conveyors; Engines for ships; Anti-friction bearing; Engines for trains; Valves; Packaging machines; Scales; Fire extinguisher, spray guns; Other machines; Water-turbines; Nuclear power reactors; Other engines; Agricultural machines (without tractors); Tractors; Constructions and mining machines; Textile machines; Paper production machines

La concordanza tra le 135 classi e la classificazione ISIC

Come spiegato nella sezione 4, le 135 classi utilizzate come unità di analisi sono ottenute dalla concordanza tra la classificazione IPC e la classificazione SITC. I dati di R&S sono invece classificati sulla base della classificazione ISIC Rev. 2, che presenta un livello di aggregazione più elevato: ciò significa che a più classi tra le 135 è assegnata la stessa classe ISIC, e quindi lo stesso valore della spesa in ricerca e sviluppo.

La concordanza tra le 135 classi e la classificazione ISIC è stata costruita attraverso la concordanza tra la classificazione SITC e la classificazione ISIC. Il problema principale è costituito dal fatto che in ciascuna delle 135 classi ricadono diverse classi SITC a 4 o 5 cifre, le quali possono appartenere a diverse classi ISIC, fatto che non consente di assegnare alcune delle 135 classi ad una specifica classe ISIC. In questi casi l'assegnazione è stata effettuata nel modo seguente. Nel caso in cui le classi SITC che ricadono in una delle 135 classi appartengano in parte alla classe ISIC A e in parte alla classe ISIC B viene calcolato il peso dei due sottogruppi di classi SITC in termini di export e la spesa in R&S assegnata alla classe in questione viene ottenuta come media ponderata dei valori corrispondenti alle classi A e B, calcolata utilizzando tali pesi. Per semplificare la procedura, in tutti i casi in cui uno dei sottogruppi di classi SITC ha un peso superiore a 0,7 si è deciso di assegnare la classe in questione alla classe ISIC corrispondente al sottogruppo, evitando la ponderazione. Poiché questa procedura si basa sull'utilizzo dei dati di export, neces-

sariamente diversi nei diversi paesi inclusi nel dataset, la concordanza tra le 135 classi e la classificazione ISIC risulta essa stessa diversa tra paesi per i casi di incerta assegnazione.

Riferimenti bibliografici

- Amable B., Verspagen B. (1995), *The Role of Technology in Market Share Dynamics*, in «Applied Economics», vol. XXVII, pp. 197-204.
- Amendola G., Dosi G., Papagni E. (1993), *The Dynamics of International Competitiveness*, in «Weltwirtschaftliches Archiv», vol. CXXIX, pp. 451-71.
- Amendola G., Guerrieri P., Padoan P.C. (1998), *International Patterns of Technological Accumulation and Trade*, in Archibugi D., Michie J. (a cura di), *Trade, Growth and Technical Change*, Ch. 7, Cambridge, Cambridge University Press.
- Amiti M. (1999), *Specialisation Patterns in Europe*, in «Weltwirtschaftliches Archiv», vol. CXXXV, n. 4, pp. 574-93.
- Archibugi D., Pianta M. (1992a), *Specialization and Size of Technological Activities in Industrial Countries: The Analysis of Patent Data*, in «Research Policy», vol. XXI, n. 1, pp. 79-93.
- Archibugi D., Pianta M. (1992b), *The Technological Specialisation of Advanced Countries*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers and The Commission of European Communities.
- Archibugi D., Pianta M. (1994), *Aggregate Convergence and Sectoral Specialization in Innovation*, in «Journal of Evolutionary Economics», vol. IV, pp. 17-33.
- Arellano M., Bond S. (1991), *Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations*, in «Review of Economic Studies», vol. LVIII, n. 2, pp. 277-97.
- Arellano M., Bover O. (1995), *Another Look at the Instrumental-variable Estimation of Error-components Models*, in «Journal of Econometrics», vol. LXVIII, n. 1, pp. 29-51.
- Aw B.Y., Sukkyun C., Roberts M.J. (2000), *Productivity and Turnover in the Export Market: Micro-level Evidence from the Republic of Korea and Taiwan (China)*, in «The World Bank Economic Review», vol. XIV, n. 1, pp. 65-90.
- Balassa B. (1965), *Trade Liberalization and Revealed Comparative Advantage*, in «The Manchester School of Economic and Social Studies», vol. XXXIII, n. 2, pp. 99-123.
- Balconi M., Breschi S., Lissoni F. (2004), *Networks of Inventors and the Location of Academic Research: An Exploration of Italian Data*, in «Research Policy», vol. XXXIII, n. 1, pp. 127-45.
- Bell M., Pavitt K. (1993), *Technological Accumulation and Industrial Growth. Contrasts between Developing and Developed Countries*, in «Industrial and Corporate Change», vol. II, pp. 157-210.
- Belussi F. (1999), *Policies for the Development of Knowledge-intensive Local Production Systems*, in «Cambridge Journal of Economics», 23, pp. 729-47.
- Brasili A., Epifani P., Helg R. (1999), *On the Dynamics of Trade Patterns*, in «Liuc Papers», n. 61.
- Breschi S., Lissoni F., Montobbio F. (2005), *The Geography of Knowledge Spillovers: Conceptual Issues and Measurement Problems*, in Breschi S., Malerba F. (a cura di), *Clusters, Networks and Innovation*, Oxford, Oxford University Press, Ch. 12, forthcoming.
- Breschi S., Malerba F., Orsenigo L. (2000), *Technological Regimes and Schumpeterian Patterns of Innovation*, in «The Economic Journal», vol. CX, pp. 388-410.
- Cantwell J. (1989), *Technological Innovations and Multinational Corporations*, Oxford, Blackwell.

- Cantwell J. (1995), *The Globalisation of Technology. What Remains of the Product Cycle Model?*, in «Cambridge Journal of Economics», vol. IXX, n. 1, pp. 155-74.
- Cohen W., Levinthal D. (1989), *Innovation and Learning the Two Faces of R&D*, in «The Economic Journal», vol. IC, pp. 569-96.
- Cooke P., Heidenreich M., Braczyk H.J. (2004), *Regional Systems of Innovations. The Roles of Governances in a Globalized World*, London, Routledge.
- Coriat B., Malerba F., Montobbio F. (2004), *The International Performance of European Sectoral Systems*, in Malerba F. (a cura di), *op. cit.*, cap. XI, pp. 388-426.
- Dalum B., Laursen K., Villumsen G. (1998), *Structural Change in OECD Export Specialisation Patterns: De-specialisation and «Stickiness»*, in «International Review of Applied Economics», vol. XII, n. 3, pp. 423-43.
- Dasgupta P., Stiglitz J. (1980), *Industrial Structure and the Nature of Innovative Activity*, in «The Economic Journal», vol. XC, n. 358, pp. 266-93.
- De Loecker J. (2004), *Do Exports Generate Higher Productivity? Evidence from Slovenia*, LICOS Discussion Papers 15104, LICOS – Centre for Transition Economics, K.U. Leuven.
- Dosi G. (1997), *Opportunities, Incentives and the Collective Patterns of Technological Change*, in «The Economic Journal», vol. CVII, pp. 1530-47.
- Dosi G., Pavitt K., Soete L. (1990), *The Economics of Technical Change and International Trade*, Hertfordshire, Harvester Wheatsheaf.
- Eaton B., Evenson R., Kortum S., Marino P., Putnam J. (1999), *Technological Specialisation in International Patenting*, in Saxonhouse G., Srinivasan T.N. (a cura di), *Development, Duality and International Economic Regime: Essays in Honour of Gustav Ranis*, Ann Arbor, Michigan University Press.
- Edquist C. (a cura di) (1997), *Systems of Innovation*, London, Pinter.
- Fagerberg J. (1988); *International Competitiveness*, in «The Economic Journal», vol. IIC, pp. 355-74.
- Ferrari S., Guerrieri P., Malerba F., Mariotti S., Palma D. (a cura di) (2001), *L'Italia nella competizione tecnologica internazionale. La Meccanica strumentale*, Milano, Angeli.
- Greenhalgh C. (1990), *Innovation and Trade Performance in the United Kingdom*, in «The Economic Journal», vol. C, pp. 105-18.
- Griliches Z. (1990), *Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey*, in «Journal of Economic Literature», vol. XXVIII, n. 4, pp. 1661-707.
- Grupp G., Munt H. (1995), *Konkordanz zwischen der Internationalen Patent und Warenklassifikation*, Karlsruhe, Fraunhofer-ISI.
- Gustavsson P., Hansson P., Lundberg L. (1999), *Technology, Resource Endowments and International Competitiveness*, in «European Economic Review», vol. XLIII, n. 8, pp. 1501-30.
- Hall B. (2001), *A Note on the Bias in the Herfindahl Based on Count Data*, in Jaffe A., Trajtenberg M. (a cura di), *Patents, Citations, and Innovation*, Cambridge (Mass.), MIT Press.
- Hall B., Mairesse J. (1995), *Exploring the Relationship between R&D and Productivity in French Manufacturing Firms*, in «Journal of Econometrics», vol. LXV, n. 1, pp. 263-93.
- Howells J. (1999), *Regional Systems of Innovation?* in Archibugi D., Howells J., Michie J. (a cura di), *Innovation Policy in a Global Economy*, Cambridge, Cambridge University Press, cap. 5, pp. 67-93.
- Jaffe A.B., Trajtenberg M., Henderson R. (1993), *Geographical Localisation of Knowledge Spillovers as Evidenced by Patent Citations*, in «Quarterly Journal of Economics», vol. CVIII, n. 3, pp. 577-98.
- Laursen K. (2000), *Do Export and Technological Specialisation Patterns Co-evolve in Terms of Convergence or Divergence? Evidence from 19 OECD Countries, 1971-1991*, in «Journal of Evolutionary Economics», vol. X, pp. 415-36.

- Lundvall B.A. (a cura di) (1992), *National System of Innovation. Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, London, Pinter.
- Magnier A., Toujas-Bernate J. (1994), *Technology and Trade: Empirical Evidences for the Major Five Industrialized Countries*, in «Weltwirtschaftliches Archiv», vol. CXXX, pp. 494-520.
- Malerba F. (1992), *Learning by Firms and Incremental Technical Change*, in «The Economic Journal», vol. CII, pp. 845-59.
- Malerba F. (a cura di) (2004), *Sectoral Systems of Innovation*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Malerba F., Montobbio F. (2002), *L'attività innovativa e la specializzazione tecnologica e commerciale dell'Italia a confronto con gli altri paesi industrializzati*, in «Tendenze dell'industria italiana», Confindustria, Centro Studi, giugno, pp. 79-91.
- Malerba F., Montobbio F. (2003), *Exploring Factors Affecting International Technological Specialization: The Role of Knowledge Flows and the Structure of Innovative Activity*, in «Journal of Evolutionary Economics», vol. XIII, n. 4, pp. 411-34.
- Malerba F., Montobbio F. (2004), *Structural Change in Innovative Activities in Four Leading Sectors. An Interpretation of the Stylized Facts*, in «Revue Economique», vol. LV, n. 6.
- Malerba F., Orsenigo L. (1996), *Schumpeterian Patterns of Innovations Are Technology Specific*, in «Research Policy», vol. XXV, pp. 451-78.
- Malerba F., Orsenigo L. (1997), *Technological Regimes and Sectoral Patterns of Innovative Activities*, in «Industrial and Corporate Change», vol. VI, n. 6, pp. 83-117.
- Mancusi M.L. (2001), *International Technological Specialization in Industrial Countries: Patterns and Dynamics*, in «Weltwirtschaftliches Archiv», vol. CXXXVII, n. 4, pp. 593-621.
- Mancusi M.L. (2003), *Geographical Concentration and the Dynamics of Country Specialization in Technologies*, in «Economics of Innovation and New Technology», vol. XII, n. 4, pp. 269-91.
- Mancusi M.L. (2004), *International Spillovers and Absorptive Capacity: A Cross-country Cross-sector Analysis Based on European Patents and Citations*, London School of Economics, Economics of Industry Discussion Paper n. EI/35, STICERD.
- Montobbio F. (1999), *Istituzioni e performance innovativa delle imprese: l'approccio sistemico*, in «Economia e Politica Industriale», n. C, pp. 211-57.
- Montobbio F. (2003), *Sectoral Specificity in the Relation between Technology and Market Share Dynamics*, in «Cambridge Journal of Economics», vol. XXVII, pp. 523-45.
- Montobbio F. (2004), *Sectoral Dynamics and Structural Change. Stylized Facts and «System of Innovation» Approaches*, in Malerba F. (a cura di), *Sectoral Systems of Innovation*, Cambridge, Cambridge University Press, cap. 2, pp. 42-69.
- Nelson R.R. (a cura di) (1993), *National Innovations Systems: A Comparative Study*, Oxford, Oxford University Press.
- Nelson R.R., Winter S. (1982), *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Cambridge (Mass.), The Belknap Press.
- Patel P. (1995), *Localised Production of Technology for Global Markets*, in «Cambridge Journal of Economics», vol. IXX, n. 1, pp. 141-53.
- Patel P., Pavitt K. (1994), *Uneven (and Divergent) Technological Accumulation among Advanced Countries: Evidence and a Framework of Explanation*, in «Industrial and Corporate Change», vol. III, n. 3, pp. 759-87.
- Patel P., Pavitt K. (1995), *Patterns of Technological Activity: Their Measurement and Interpretation*, in Stoneman P. (a cura di), *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*, Oxford, Blackwell, cap. 2, pp. 14-51.
- Pavitt K. (1984), *Sectoral Patterns of Technical Change: Towards a Taxonomy and a Theory*, in «Research Policy», vol. XIII, pp. 343-73.

- Penrose E. (1959), *The Theory of the Growth of the Firm*, Oxford, Oxford University Press.
- Richardson G.B. (1972), *The Organisation of Industry*, in «The Economic Journal», vol. LXXXII, n. 327, pp. 883-96.
- Soete L.G. (1981), *A General Test of Technological Gap Trade Theory*, in «Weltwirtschaftliches Archiv», vol. CXVII, pp. 638-50.
- Teece D.J. (1988), *Technological Change and the Nature of the Firm*, in Dosi G. et al. (a cura di), *Technical Change and Economic Theory*, London, Frances Pinter, pp. 256-81.
- Young A. (1928), *Increasing Returns and Economic Progress*, in «The Economic Journal», vol. XXXVIII, n. 152, pp. 527-42.
- World Bank (1993), *The East Asian Miracle*, New York, Oxford University Press.

