

Università della Calabria

Facoltà di Economia

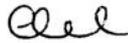
Dottorato di Ricerca in Economia Applicata
XVI ciclo

Tesi di dottorato

Gli effetti delle ICT sulla produttività

Settore disciplinare: SECS-P/06

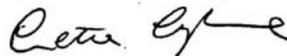
Coordinatore
Prof.ssa Elena Granaglia



Supervisore
Prof. Davide Infante



Candidata
Concetta Castiglione



2001-2004

Gli effetti delle ICT sulla produttività

Indice

<i>Introduzione</i>	<i>1</i>
 <i>I - La produttività tra vecchia e nuova economia</i>	
Introduzione	1
1 Il paradosso della produttività	2
1.1 <i>Un nuovo paradosso?</i>	5
2 La New Economy	7
2.1 <i>Alcune domande chiave sulla new economy</i>	7
2.2 <i>New and Old Economy</i>	9
3 La nuova economia ed il cambiamento strutturale	11
3.1 <i>Il declino del settore manifatturiero</i>	14
3.2 <i>Il nuovo manifatturiero</i>	17
4 Le ICT e la New Economy	19
4.1 <i>Le ICT come General Purpose Technologies</i>	22
5 Gli effetti delle ICT sulla produttività del lavoro	24
5.1 <i>La prociclicità della produttività</i>	26
5.2 <i>La produttività in una prospettiva storica: Verdoorn e Kaldor</i>	27
5.3 <i>Produttività e tecnologia</i>	28
6 La produttività nell'era delle ICT	30
Conclusioni	32

II – Il progresso tecnologico e le stime della produttività

Introduzione	34
---------------------	-----------

1	La funzione di produzione microeconomica	35
2	La funzione aggregata di produzione	37
2.1	<i>Indici di produttività parziale dei fattori</i>	39
2.2	<i>Indici di produttività totale dei fattori</i>	43
3	Gli studi effettuati sugli investimenti in ICT	45
4	Perché analizzare le performance economiche a diversi livelli	47
5	L'analisi di Growth Accounting svolta a livello macroeconomico	48
6	L'evidenza degli investimenti ICT negli studi a livello internazionale	51
7	L'evidenza degli investimenti ICT negli studi per i diversi paesi	55
7.1	<i>Altri studi a livello di paese</i>	58
7.2	<i>Il contributo dell'uso del computer hardware alla crescita economica</i>	63
8	L'evidenza degli investimenti ICT negli studi a livello di industria	64
8.1	<i>Analisi parametriche svolte a livello di industria</i>	69
8.2	<i>La produttività totale dei fattori a livello industriale</i>	72
9	L'evidenza degli investimenti ICT negli studi a livello di impresa	74
	Conclusioni	77

III - Il paese guida e gli inseguitori.

Stati Uniti, Francia, Germania e Italia a confronto.

	Introduzione	79
1.	La produttività del lavoro e le nuove tecnologie	80
1.1.	<i>La classificazione delle industrie ICT e non-ICT</i>	82
1.2.	<i>Il contributo delle singole industrie alla crescita della produttività del lavoro</i>	86
2.	Gli investimenti delle industrie ICT	90
3.	La determinazione dello stock di capitale	92
4.	La total factor productivity e le nuove tecnologie	93
4.1.	<i>TFP ed industrie ICT e non-ICT</i>	97
5.	TFP e produttività del lavoro nelle industrie ICT e non-ICT	99
	Conclusioni	100
	Appendice al capitolo 3	103

IV - Le ICT e la produttività delle imprese

	Introduzione	108
1	Una prima evidenza empirica del caso italiano	109
2	Il settore ICT in Italia	111
2.1	<i>Gli investimenti in informatica nelle diverse regioni</i>	114

3	L'indagine Mediocredito	117
4	La specificazione econometrica	124
4.1	<i>Il capitale ICT</i>	126
4.2	<i>Le variabili utilizzate</i>	127
5	Risultati ottenuti dalla stima della funzione di produzione Cobb-Douglas	129
6	Una verifica a livello settoriale	132
7	La produttività totale dei fattori	134
7.1	<i>Una verifica sulla restrizione dei parametri</i>	136
8	La produttività totale dei fattori e la composizione degli input utilizzati	137
8.1	<i>Imprese che investono ed imprese che non investono in informatica</i>	141
	Conclusioni	146
	Appendice al quarto capitolo	148
	<i>Conclusioni</i>	152
	<i>Riferimenti bibliografici</i>	156

Indice delle figure

<i>Fig. 2.1: Il progresso tecnico e lo spostamento della funzione di produzione</i>	44
<i>Fig. 2.2: Produttività media del lavoro nell'industria manifatturiera negli USA (tassi di crescita medi annui)</i>	65
<i>Fig. 3.1 - Il ruolo delle ICT nell'economia</i>	85
<i>Fig. 4.1: Ripartizione della spesa IT per macroarea geografica, 2003 (valori in %)</i>	115
<i>Fig. 4.2: Spesa IT per occupato, 2003</i>	116
<i>Fig. 4.3: Spesa IT sul valore aggiunto</i>	117
<i>Fig. 4.4: Produttività del lavoro e produttività totale dei fattori (livelli)</i>	135
<i>Fig. 4.5: Produttività del lavoro e produttività totale dei fattori (tassi di crescita medi 1998-2000)</i>	135

Indice delle tabelle

<i>Tab. 1.1: Crescita percentuale della produttività del lavoro per ora lavorata</i>	25
<i>Tab. 2.1: Comparazione internazionale sul contributo del capitale ICT alla crescita economica</i>	54
<i>Tab. 2.2: Confronto tra i principali risultati sulla crescita economica negli USA</i>	57
<i>Tab. 2.3: Contributo delle ICT alla crescita del PIL</i>	60
<i>Tab. 2.4: Il contributo del computer hardware alla crescita della produzione</i>	64
<i>Tab. 2.5: Contributo delle ICT alla crescita del PIL in USA su dati BLS e BEA</i>	66
<i>Tab. 2.6: Crescita della produttività del lavoro nei settori economici</i>	68
<i>Tab. 2.7: Studi sulle ICT a livello industriale</i>	70
<i>Tab. 2.8: Lavori a livello di impresa</i>	76
<i>Tab. 3.1: Tassi di crescita della produttività del lavoro espressi come punti percentuali delle medie del periodo</i>	81
<i>Tab. 3.2: La disaggregazione delle industrie in ICT e non-ICT</i>	83
<i>Tab. 3.3: Contributi delle singole industrie alla crescita della produttività del lavoro, 1970-2000</i>	89
<i>Tab. 3.4: Gli investimenti delle industrie ICT</i>	91
<i>Tab. 3.5: Il Contributo delle singole industrie alla crescita della produttività totale dei fattori, 1980-2000</i>	98
<i>Tab. 3.6 - Scomposizione del tasso di crescita della produttività del lavoro</i>	99
<i>Tab. 4.1: Le imprese ICT in Italia - Anno 2001</i>	111
<i>Tab. 4.2: La distribuzione delle imprese ICT nelle regioni italiane- Anno 2001</i>	112
<i>Tab. 4.3 – Imprese presenti nell'indagine Mediocredito</i>	118
<i>Tab. 4.4: Imprese che nel triennio 1998-2000 hanno effettuato investimenti in informatica suddivise per classi di attività economica ed area geografica</i>	120
<i>Tab. 4.5: Imprese che nel triennio 1998-2000 hanno effettuato investimenti in informatica suddivise per classi di attività economica ed area geografica ed espresse come percentuale sul totale delle imprese che hanno effettuato investimenti in generale</i>	121
<i>Tab. 4.6: Distribuzione percentuale degli investimenti in hardware, software e telecomunicazioni nel triennio 1998-2000</i>	122
<i>Tab. 4.7: Distribuzione percentuale degli investimenti in hardware, software e telecomunicazioni nel triennio 1998-2000, per classe di addetti ed aree geografiche</i>	123
<i>Tab. 4.8: Lista delle variabili utilizzate</i>	128

<i>Tab. 4.9: Stima della funzione di produzione Cobb-Douglas. Variabile dipendente: tasso di crescita della produttività del lavoro</i>	131
<i>Tab. 4.10: Stima della funzione di produzione Cobb-Douglas, variabile dipendente tasso di crescita della produttività del lavoro</i>	133
<i>Tab. 4.11: Stima della una funzione di produzione. Variabile dipendente VA</i>	136
<i>Tab. 4.12: Stima della funzione della TFP per l'industria manifatturiera nel suo complesso. Variabile dipendente: Ln(TFP)</i>	139
<i>Tab. 4.13: Stima della funzione della TFP per le imprese che investono in informatica. Variabile dipendente: LnTFP</i>	142
<i>Tab. 4.14: Stima della funzione della TFP per le imprese che non investono in informatica. Variabile dipendente: LnTFP</i>	143
<i>Tab. 4.15: Stima della funzione della TFP per l'industria manifatturiera nel suo complesso. Variabile dipendente: Ln(TFP)</i>	145

INTRODUZIONE

Il processo di crescita economica verificatosi nell'ultimo ventennio è stato caratterizzato da un'evoluzione fortemente diversificata nei tassi di crescita della produttività tra paesi. Infatti, ad elevati tassi di crescita della produttività che si registravano in alcuni paesi non si contrapponevano altrettanto elevati tassi di crescita della produttività in altri paesi.

Il presente lavoro ha come obiettivo quello di associare i cambiamenti di produttività susseguitisi negli ultimi anni con i mutamenti della tecnologia e, quindi, con l'*Information and Communication Technology* (ICT), la tecnologia caratterizzante degli ultimi venti anni.

Le analisi che si sono mosse in tale senso, soprattutto nella prima metà degli anni novanta per gli Stati Uniti e nella seconda metà in molti altri paesi, si sono dovute confrontare con il *productivity paradox* di Robert Solow (1987), il quale ci ricordava che "gli effetti dei computers si possono vedere in ogni luogo tranne che nelle statistiche della produttività". Ciò in quanto a fronte di elevati tassi di crescita degli investimenti in ICT non corrispondevano elevati tassi di crescita della produttività.

Dal dibattito e dalle ricerche susseguitesi all'affermazione di Solow è emerso che le nuove tecnologie dell'informazione e della comunicazione rappresentano solo una condizione necessaria, ma non sufficiente, per il passaggio al nuovo paradigma che si riferisce non soltanto alla diffusione di nuovi prodotti o processi, ma anche alla trasformazione delle regole e delle pratiche dovute, in modo particolare, ai cambiamenti organizzativi.

Quando negli anni novanta si erano ormai dispiegate le potenzialità delle ICT si è iniziato a parlare di *New Economy*. In modo particolare, il termine *New Economy* (NE) è stato usato negli anni recenti per descrivere l'andamento dell'economia statunitense sotto l'influenza delle nuove tecnologie dell'informazione e della comunicazione. Tuttavia, il fatto di avere coniato il termine "nuova economia" ha condotto, in modo quasi spontaneo, a contrapporla alla *Old Economy*, identificata nell'economia della manifattura. Probabilmente ciò non è corretto se si considera la *New Economy* come applicazione di nuovi strumenti di comunicazione da un lato e enfattizzazione di alcuni settori ad alta tecnologia dall'altro. Vista in tale ottica si può affermare che le forze generate dalla nuova economia non si contrappongono alla vecchia ma interagiscono con essa. Infatti, lo stesso Hal Varian (2003) sposa questa "continuità" quando afferma che non sono necessari nuovi principi per capire la nuova economia, molti dei principi che guidano la nuova economia dell'informazione esistevano già nella vecchia economia industriale e solo gli aspetti che non sono comuni nella vecchia economia industriale, come per esempio i *network effects*, possono essere indicati come le regole dell'economia dell'informazione.

Oggi che, almeno negli Stati Uniti, il paradosso della produttività sembra essere risolto, grazie ad una maggiore diffusione delle nuove tecnologie e ad un miglioramento delle statistiche di misurazione della produttività, le domande sono diventate altre. Le ICT sono delle *General Purpose Technologies* (GPT), cioè a dire quel tipo di innovazioni tecnologiche drastiche che presentano le caratteristiche della pervasività, del dinamismo tecnologico e delle complementarità innovative? Quale impatto le ICT hanno avuto sulla produttività dell'economia nel suo complesso? Quali sono i settori che ne sono stati maggiormente influenzati? Quale è stato l'impatto delle ICT sulla produttività delle imprese?

Il presente lavoro è strutturato in modo da cercare di dare una risposta a tali domande. Nel primo capitolo si cerca di chiarire il nesso tra nuove tecnologie dell'informazione e telecomunicazione e la cosiddetta *New Economy*. Tale passo si rivela decisivo per stabilire che le nuove tecnologie sono uno strumento capace di generare un cambiamento strutturale che, attraverso la crescita della produttività, vede alcuni settori, quelli più direttamente influenzati dalle ICT, crescere più velocemente di altri. In tale senso è bene porsi alcuni quesiti per arrivare a chiarire lo stretto rapporto esistente tra vecchia e nuova economia. La nascita delle ICT ha permesso, infatti, l'introduzione di nuovi processi (prima di tutto la rete) utilizzati per fornire sia nuovi prodotti basati sull'informazione sia vecchi prodotti, della manifattura e dei servizi, riprogettati secondo gli imperativi posti dalle nuove tecnologie. E' per tale motivo che, parlando di tecnologie ICT, si tende ad usare la nozione di *General Purpose Technologies*. In questo senso si annullano allora le differenze tra nuova e vecchia economia e può risultare più utile adottare la distinzione tra industrie *ICT-producing* ed *ICT-using*.

Nel secondo capitolo, una volta definito il contesto economico nel quale ci stiamo muovendo, ci soffermiamo sui diversi lavori che mettono in relazione le nuove tecnologie con la produttività. Tale relazione è stata analizzata a diversi livelli (economia, settore, impresa). A tale proposito, siamo partiti dalla relazione tra progresso tecnologico e funzione di produzione per arrivare a definire, anche attraverso l'analisi della letteratura empirica, quale sia il modo migliore per misurare la produttività degli investimenti nelle nuove tecnologie. In generale gli studi empirici effettuati sulla relazione esistente tra investimenti ICT e crescita della produttività si sono prefissi due obiettivi. Il primo è quello di misurare la crescita del *capital deepening* e quindi una maggiore dotazione di capitale per lavoratore, che si trasforma ovviamente in un aumento della produttività per occupato (o per ora lavorata). Il secondo è quello di misurare la crescita della produttività totale dei fattori (TFP), questa seconda misura cattura l'efficienza con la quale gli inputs sono utilizzati e si dimostra una misura migliore degli effetti sulla produttività degli investimenti in ICT e, quindi, del loro rendimento. Gli investimenti in ICT, sia specifici sia General Purpose, presuppongono,

infatti, una riorganizzazione dei processi produttivi che si riflette sulla produttività di tutti i fattori.

Una volta chiariti i quesiti principali posti dalle nuove tecnologie, quali la relazione tra vecchia e nuova economia, la pervasività delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione, i modi più appropriati per misurare la loro produttività e rendimenti, siamo passati, nel terzo capitolo, ad affrontare l'impatto che le ICT hanno avuto sulla performance delle economie di singoli paesi. Nel capitolo si sviluppa un'analisi macroeconomica confrontando l'economia statunitense con la Francia, la Germania e l'Italia, utilizzando la strumentazione analitica sviluppata in precedenza. Si sviluppa una un'analisi cross-country non parametrica per verificare la performance realizzata dai quattro paesi mediante l'approfondimento di capitale in ICT che ha condotto ad una crescita della produttività. L'analisi comparativa è stata effettuata calcolando gli indici di crescita relativi alla produttività per occupato e quello della TFP, distinguendo le differenti *performance* a livello di singole industrie e quindi anche nei settori *ICT-using* e *producing*.

Analizzato il modo in cui le nuove tecnologie ICT influenzano la crescita economica aggregata, resta da esaminare il livello microeconomico, cioè il modo in cui gli investimenti in nuove tecnologie influenzano la produttività delle imprese. L'importanza delle nuove tecnologie, a tale livello, si estrinseca sotto un duplice aspetto. Da una parte le ICT, come altri tipi di investimenti, possono essere usate direttamente come tecnologie di produzione per migliorare la produttività del lavoro, anche se molti economisti sostengono che l'aspetto più importante delle nuove ICT, a livello di impresa, sia rappresentato dalla tecnologia per il coordinamento e i rendimenti delle stesse si vedano soltanto con investimenti ad essa complementari come quelli in capitale umano. Nel quarto capitolo abbiamo cercato di dare una risposta ai due quesiti studiando, in primo luogo, la relazione tra produttività del lavoro ed i due diversi tipi di capitale: ICT e non-ICT, in secondo luogo, partendo dalla stima della produttività totale dei fattori abbiamo verificato quali sono i principali determinanti nella TFP delle imprese manifatturiere italiane.

Desidero esprimere sincera gratitudine al mio supervisore, Professore Davide Infante, per la sua guida, l'infinita pazienza ed il costante incoraggiamento durante tutto il lavoro di tesi.

Desidero, inoltre, ringraziare il Coordinatore e i membri del Collegio dei Docenti del Dottorato di Ricerca di Economia Applicata, e le persone del Dipartimento di Economia e Statistica dell'Università della Calabria, per i preziosi consigli che hanno saputo darmi nel corso delle mie ricerche.

Capitolo 1

La produttività tra vecchia e nuova economia

SOMMARIO: Introduzione - 1 Il paradosso della produttività - 1.1 Un nuovo paradosso? 2 La New Economy - 2.1 Alcune domande chiave sulla new economy - 2.2 New and Old Economy - 3 La nuova economia ed il cambiamento strutturale - 3.1 Il declino del settore manifatturiero - 3.2 Il nuovo manifatturiero - 4 Le ICT e la New Economy - 4.1 Le ICT come General Purpose Technologies - 5 Gli effetti delle ICT sulla produttività del lavoro - 5.1 La prociclicità della produttività - 5.2 La produttività in una prospettiva storica: Verdoorn e Kaldor - 5.3 Produttività e tecnologia - 5 La produttività nell'era delle ICT - Conclusioni

Introduzione

Il tema della produttività è stato da sempre un tema che ha attratto l'attenzione degli economisti, poiché la crescita della produttività è molto importante per il benessere economico, in quanto accresce il tenore e la qualità della vita. Una delle cause della crescita della produttività è il cambiamento della tecnologia o progresso tecnologico, poiché quest'ultimo comporta un aumento di efficienza nella produzione che, a sua volta, implica una crescita della produttività.

Negli ultimi anni l'attenzione degli economisti è stata rivolta alla rapida crescita economica che si è avuta in alcuni paesi, dovuta principalmente all'aumento della produttività del lavoro. Infatti, l'aumento della produttività del lavoro, manifestatosi soprattutto negli Stati Uniti, è considerato l'aspetto più importante di tale fase espansiva poiché è stato ottenuto, rispetto al passato, con una bassa inflazione ed una minore disoccupazione. Il punto è cercare di capire in che misura la crescita della produttività del lavoro, avvenuta nella seconda metà degli anni novanta, in modo significativamente più elevato rispetto a quella degli anni precedenti, sia da attribuire all'*Information and Communication Technology (ICT)*, quindi, principalmente dovuta al contributo dei settori *ICT-using* e *ICT-producing* (Jorgenson e Stiroh, 2000a; Jorgenson, 2001). Su quale sia la vera causa dell'incremento della produttività è tuttora in corso un ampio dibattito (Gordon, 2000; Oliner e Sichel, 2000).

In realtà, si è sempre più propensi ad affermare, sulla base della durata e dell'intensità della fase di crescita, che il fenomeno non sia di natura puramente ciclica, ma riconducibile ad un cambiamento strutturale.

Alcuni economisti ritengono che i cambiamenti avuti in questi anni siano talmente radicali da potere affermare che siamo in presenza di una terza rivoluzione industriale. I

sostenitori di questa tesi ritengono che le nuove tecnologie ICT siano molto più pervasive di altre ondate innovative.

Vari studi effettuati hanno, infatti, evidenziato due fonti attraverso le quali le nuove tecnologie possono influire sulla crescita: a) un aumento molto rapido del capitale legato alle ICT e quindi una più sostenuta dinamica della dotazione di capitale ICT per addetto; b) un aumento sostanziale della crescita della produttività totale dei fattori (TFP, altrimenti indicata come produttività multifattoriale: MFP).

È per tali motivi che l'informazione e la conoscenza sono considerate le risorse strategiche del nuovo paradigma tecnologico. Inoltre, le tecnologie dell'informazione e della telecomunicazione hanno molte applicazioni poiché entrano nel controllo e nel coordinamento di tutti i processi dell'attività economica e sociale. Questo rappresenta un aspetto di novità cruciale rispetto alle precedenti tecnologie perché con le ICT, l'attività umana è sostituita non solo nelle sue funzioni di trasformazione degli input, ma, spesso, anche in quelle di controllo dei diversi processi produttivi.

Fino alla metà degli anni novanta, però, i lavori empirici non hanno evidenziato alcuna relazione fra nuove tecnologie e crescita della produttività del lavoro. Spesso nel commentare tali risultati si richiamava il paradosso della produttività formulato da Robert Solow nel 1987, anche se, per giustificare questi risultati, sono state fornite altre spiegazioni.

Il capitolo si concentra su una parte della letteratura sulle ICT, ed è suddiviso nel seguente modo: nella prima parte si analizza il paradosso della produttività e si evidenziano le motivazioni che sono state enumerate per spiegarlo. Nella seconda parte ci si concentra sulla *new economy* vista come risultato dell'impatto delle tecnologie ICT sul sistema produttivo ed il ruolo che essa riveste nel confronto con la *old economy*. La terza parte è dedicata alla *new economy* vista come un cambiamento strutturale e, successivamente, alle ICT come *General Purpose Technologies*. Infine, ci si sofferma sulla produttività nell'era della *new economy*.

1. Il paradosso della produttività

Robert Solow nel 1987 in un articolo della rivista *New York Times Book Review* afferma: "You can see the computer age everywhere but in the productivity statistics" (Solow, 1987: 36). L'affermazione di Solow tradotta in termini economici vuol dire: perché la produttività non cresce in modo proporzionale alla crescita degli investimenti in computers? Negli anni successivi ci si è spesso riferiti a tale affermazione come al paradosso della produttività. La domanda di Solow era pertinente poiché tutti si attendevano che i crescenti investimenti in computer e altre tecnologie

dell'informazione avrebbero dovuto fare crescere la produttività, dopo la forte caduta registrata dopo la crisi petrolifera del 1973.

Nel tentativo di ripensare alla caduta della produttività le imprese statunitensi avevano investito molto in nuove tecnologie nel decennio precedente il 1989, ma la crescita della produttività era rimasta al di sotto dei tassi di crescita registrati nel periodo precedente. Tale incongruenza ha stimolato molti economisti a condurre rigorose analisi, soprattutto perché le loro ricerche hanno mostrato risultati discordanti sull'impatto delle ICT sulla produttività.

Vedremo nei successivi capitoli che i livelli degli investimenti in ICT sono molto diversi tra i paesi. Infatti, gli Stati Uniti, a differenza degli altri paesi, hanno livelli di investimenti molto più elevati sia come percentuale sugli investimenti totali sia come percentuale sul Pil.

Così il paradosso resta un problema ancora non spiegato da parte della teoria economica. Se è vero, esso minaccia anche l'industria ICT, numerosi prodotti possono essere visti come avere un piccolo valore economico a dispetto di un rapido progresso tecnologico che contrassegna l'industria. Infatti, se il paradosso di Solow fosse corretto significherebbe che gli investimenti in tecnologie fatti dalle imprese, apparentemente, non danno rendimenti economici (Kraemer e Dedrick, 2001).

Diverse spiegazioni sono state avanzate per tentare di dare una spiegazione a questo paradosso:

1) La rilevanza di errori e le difficoltà di misurazione del contributo delle ICT dovuto, soprattutto, a rapidi cambiamenti del prezzo e della qualità dell'output ed al fallimento delle statistiche per misurare i miglioramenti qualitativi nell'output soprattutto nell'industria dei servizi (Griliches, 1994; Brynjolfsson, 1993; Siegel, 1997).

Gli autori hanno sottolineato la rilevanza degli errori di misurazione nello spiegare il rallentamento della crescita della produttività statunitense e concordano nel ritenere che il contributo delle ICT sia stato e, probabilmente, sia ancora sottostimato. Infatti, a partire dalla seconda metà degli anni novanta le statistiche ufficiali documentano un significativo aumento della produttività nella produzione di computer (*ICT-producing*), ma continuano a non evidenziare l'impatto del loro uso (*ICT-using*).

La mancanza di evidenza circa l'impatto sulla produttività, associato all'uso dei computer, è con ogni probabilità legata all'inadeguatezza degli indicatori statistici che non consentono di catturare esternalità importanti nella valutazione della produttività (ad esempio i cambiamenti nei processi organizzativi, i miglioramenti nella qualità e nelle condizioni di lavoro o l'ampliamento nelle possibilità di scelta dei consumatori). Secondo tale approccio, il difetto è nello strumento (cioè nei dati alla base delle analisi econometriche) che impedendo una visione corretta della dinamica della produttività generano l'identificazione del *productivity slowdown* come una sorta di illusione ottica.

Anche Siegel (1997) afferma che le stime convenzionali della crescita della produttività possono rivelarsi imprecise quando si vuole misurare il contributo dei

computer (oppure delle nuove tecnologie) alla crescita della produttività stessa. Questo accade perché gli investimenti in computer, o in ICT, intensificano il cambiamento della qualità dei beni e, tale variazione, non è riportata correttamente nelle misure standard della produttività. Infatti, la discrepanza dei risultati ottenuti da diversi autori può essere dovuta sia alle differenze nelle metodologie utilizzate per calcolare la produttività sia alle caratteristiche dei dati.

In molti lavori la quantità dei computer è trattata come un input nella funzione di produzione, oppure il suo prezzo è incluso nella funzione di costo. Tuttavia, in entrambi i casi, se il prezzo o la quantità dei computer è misurata con errore, le stime della produttività marginale dei computer possono essere errate. Infatti, è importante verificare l'esistenza di tali errori perché un aumento del tasso di investimento dei computer può creare una distorsione nella stima della produttività. È per tale motivo che tecniche di analisi più accurate, ed una base di dati di qualità superiore possono evidenziare la crescita della produttività e, soprattutto, il contributo essenziale dato dalle ICT che altrimenti potrebbe risultare inesistente (Maggioni e Merzoni, 2002).

Il più forte dissenziente sui guadagni permanenti dovuti alle ICT è Gordon il quale sostiene che la crescita della produttività degli anni novanta è ciclica e che, virtualmente, tutti i guadagni della produttività nell'economia degli USA sono concentrati nel settore dei beni durevoli, soprattutto nelle industrie dei computer e delle comunicazioni con sorprendenti piccoli *spillovers* nel resto dell'economia (Gordon, 2002: 19).

In particolare, Gordon sostiene che circa un terzo dell'accelerazione della produttività possa essere spiegato da errori di misurazione, un terzo da fenomeni ciclici e un terzo da incrementi di produttività nella produzione dei computer. Infatti, eliminando i fattori ciclici e la produzione dei beni durevoli, inclusi i computer, Gordon conclude che non rimane altro aumento della produttività nell'intera economia. In altri termini, anche con un apparato statistico significativamente migliore, le ICT non sembrano essere così importanti. Pertanto, potremmo affermare che il *productivity paradox* sembrerebbe tutt'altro che risolto.

Le difficoltà nella misurazione della rilevanza del settore dei computer, pur avendo un'importanza centrale, possono spiegare solo una parte dello *slowdown* e, quindi, altre spiegazioni potrebbero avere un peso rilevante.

2) Triplett (1999), dal canto suo, attribuisce la mancata evidenza dell'effetto dei computers sulla crescita della produttività al fatto che molti economisti hanno erroneamente numerato le innovazioni che sono scaturite dalla microelettronica ad una scala aritmetica e trovandone molte ne hanno risolto che il paradosso della produttività fosse confermato. Mentre, se avessero utilizzato una scala logaritmica si sarebbero resi conto che il numero di "nuove cose" dovrebbe essere molto più alto per mantenere il loro tasso di crescita adeguato ai tassi di crescita del passato.

3) Le ICT hanno costituito per lungo tempo una proporzione modesta dello stock complessivo di capitale (Oliner e Sichel, 1994).

Infatti, fino alla metà degli anni 90, gli investimenti in computer (hardware e software) sono risultati una quota modesta dello stock totale di capitale ed il loro contributo alla crescita della produttività è stato necessariamente limitato. Inoltre, spesso il rendimento degli investimenti in ICT è sottostimato perché si ignorano le esternalità associate all'uso delle ICT.

4) La diffusione di una nuova tecnologia e l'assorbimento dei benefici ad essa correlati richiede tempo - *time lags* - perché si possano osservare effetti sulla produttività (David, 1990). In particolare, le ICT possono non avere un impatto misurabile sulla produttività fino a quando non raggiungono una massa critica di diffusione ed esperienza.

David (1990) mostra che sia il tasso di diffusione sia la velocità con cui un'innovazione si diffonde in un'industria influenzano il tasso di crescita della stessa industria ed è l'importanza di quest'ultima sulla produzione totale ad influire sul contributo al tasso di crescita della produttività aggregata. In particolare, David sostiene che i guadagni di produttività generati dall'investimento in ICT si materializzano solo a distanza di tempo e dipendono significativamente dalle esternalità di rete e dalle variazioni nell'infrastruttura complementare, ovvero dal numero di agenti economici che hanno effettuato il passaggio alla nuova tecnologia.

5) Kraemer e Dedrick (2001) evidenziano altri due punti che possono spiegare il paradosso della produttività:

a) La pratica del management (mismanagement), che non è ancora abbastanza evoluta per acquisire vantaggi del potenziale della tecnologia (Brynjolfsson, 1993);

b) La redistribuzione dei profitti delle ICT può aiutare le singole imprese rispetto ai concorrenti ma non può fare aumentare la produttività dell'intera economia.

Dall'analisi di questi punti si evincono le difficoltà che si hanno nel misurare la produttività, soprattutto quando la qualità dei beni muta molto velocemente nel tempo. Tutte le precedenti relazioni potrebbero spiegare perché molti degli studi effettuati non hanno avuto successo nel documentare i miglioramenti della produttività attribuibili agli investimenti in *Information and Communication Technology*.

1.1 Un nuovo paradosso?

Kraemer e Dedrick (2001) hanno analizzato diversi studi condotti sul paradosso della produttività a vari livelli. Essi affermano che il paradosso sembra essere stato superato negli Stati Uniti. Infatti, la crescita della produttività negli anni novanta, ritorna pressappoco ai livelli degli anni cinquanta e sessanta, e supporta un elevato livello di

crescita economica con bassa inflazione che veniva considerata impossibile solo qualche anno prima. Nel periodo di questa ripresa, cominciata circa quaranta anni dopo l'introduzione dei computer e venti anni dopo l'invenzione dei personal computer, le statistiche sembrano supportare l'affermazione di David (1990) di un relativamente lungo periodo tra l'introduzione di una tecnologia ed il suo impatto sulla produttività. "Solow's paradox is now obsolete and its inventor has admitted as much" (Gordon, 2002: 5).

La ripresa della crescita della produttività degli anni novanta pone due problemi: 1) quanto di questa ripresa può essere attribuita all'uso delle ICT?; 2) ci sono dei guadagni duraturi oppure tale crescita della produttività rappresenta soltanto un fenomeno di breve periodo?

Questi interrogativi conducono a nuovi studi che tentano di misurare l'importanza relativa delle ICT nei guadagni di produttività degli anni novanta ed a prevedere la persistenza di tali guadagni. Molti di questi lavori arrivano a conclusioni ottimistiche su entrambi i punti.

Inoltre, guardando la relazione fra ICT e produttività, sembra che emerga un nuovo paradosso. L'industria ICT sfida i principi dell'economia così come l'iniziale paradosso sulla produttività. Quello che si chiedono Kraemer e Dedrick è perché non si investe di più nel settore ICT visto che i rendimenti sono molto elevati. Anche Brynjolfsson e Hitt (2000) mostrano che gli investimenti in ICT presentano rendimenti che sono molto più elevati rispetto a quelli non-ICT e questo li porta ad affermare l'esistenza di un forte sottoinvestimento in ICT, sia a livello di imprese sia a livello di paesi. Tale risultato porterebbe a concludere che i manager e gli investitori siano irrazionali, perché spendono troppo poco in ICT pur in presenza di un'elevata profittabilità. Pertanto, sostengono Kramer e Dedrick (2001: 5) "... economic theory is again in trouble...".

A questo punto, parafrasando Solow potremmo affermare: "You can see the ICT in the productivity statistics but in ICT investment level. That can be transformed in this question: If ICT productivity is so high why firms under invest in ICT?"

Infatti, se il rendimento di un fattore è crescente la teoria economica ci dice che l'impresa dovrebbe continuare ad investire in quel fattore fino ad eguagliare il suo costo.

In ogni caso, l'affermazione che bisogna fare elevati investimenti in ICT deve essere valutata con cautela. Innanzitutto, perché i modelli basati sulla funzione di produzione sono soltanto modelli utili ma semplificati visto il mondo reale; inoltre, perché questi modelli mostrano correlazione, ma non causalità (Kramer e Dedrick, 2001).

2. La New Economy

La fase di espansione economica, avvenuta nella seconda metà degli anni novanta soprattutto negli Stati Uniti, è stata caratterizzata da una accelerazione della crescita del Pil reale e del Pil pro-capite, da un miglioramento della produttività, da un'elevata profittabilità e da alti tassi di investimento ottenuti con una bassa inflazione e con una minore disoccupazione rispetto al passato.

Spesso ci si è riferiti a questo fenomeno con il termine di *New Economy* (NE). In realtà, della nuova economia non si è mai data una definizione chiara e sembra, pertanto, che essa possa assumere diversi significati.

La *New Economy* è stata di volta in volta riferita ai seguenti significati: *knowledge economy*, economia digitale, economia elettronica, economia virtuale oppure *network economy*. Un riesame di tali significati ci porta a definire la nuova economia come un fenomeno basato su conoscenza ed informazione, relativo ai sub-settori dei beni e servizi digitali e all'industria delle ICT la quale provvede a supportare gli altri settori dell'economia. L'OECD (2000) afferma che il termine nuova economia è stato coniato per contrassegnare l'associazione di bassa inflazione, crescita sostenuta con alti investimenti in ICT e ristrutturazione dell'economia.

In una prospettiva più ampia, possiamo interpretare la *new economy* come l'impatto delle nuove tecnologie a livello microeconomico e macroeconomico; come una conseguenza degli effetti dell'innovazione tecnologica che causano miglioramenti nella produttività, bassa inflazione, cambiamento strutturale nell'economia e nell'occupazione.

Possiamo così affermare che la *new economy* nasce dagli effetti del progresso tecnico sulla crescita economica e, soprattutto, dal ruolo giocato dalle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (l'acronimo ICT nasce dalle iniziali inglesi di *Information and Communication Technology*) sulle *performance* economiche. Così, per NE si intende un'economia dove si sono ottenuti dei vantaggi sia dalla rivoluzione delle ICT sia dalla globalizzazione, poiché queste ultime consentono una crescita più sostenuta e migliorano la produttività. È importante ricordare che la rapida crescita dell'investimento in ICT è stata sostenuta anche dal declino dei prezzi dei computer e dalle crescenti opportunità di applicazione delle nuove tecnologie (Jorgenson, 2001).

2.1 Alcune domande chiave sulla new economy

La difficoltà a definire in modo univoco la New Economy ci spinge a porgerci alcune domande:

a) Dobbiamo attenderci che l'IT (o ICT)¹ cambi l'economia?

Molti autori si sono posti la domanda se le ICT sono in grado di cambiare l'economia ed hanno affermato che le stesse possono essere viste come un cambiamento strutturale. Altri autori, quali ad esempio Gordon (1998), affermano che i computer sono invenzioni molto più deboli delle grandi invenzioni del passato e, soprattutto, non sono eccezionalmente produttivi. Infatti, Gordon sostiene che redistribuiscono l'output senza crearne di nuovo, aumentano l'utilità dei lavoratori e non l'output, oppure creano un output che non viene valutato dai clienti. In aggiunta, esistono dei costi associati, in termini di *upgrade* del software, problemi di compatibilità dei sistemi, costi di *training* e di installazione, che contribuiscono a ridurre l'efficacia complessiva del sistema ICT.

La strada che noi seguiremo è quella di vedere le ICT come un cambiamento strutturale ed analizzeremo tale aspetto nei paragrafi successivi.

b) L'economia è veramente "nuova"?

Nel senso che essa si muove in un modo diverso rispetto al passato oppure possiamo intenderla come una moderna applicazione di vecchi principi economici? Per esempio, un principio base dell'economia è che le imprese e i consumatori acquistino di più quando il prezzo del bene diminuisce. Il progresso tecnico nella produzione dei computer fa diminuire il prezzo, e non c'è nulla di nuovo nel fatto che i consumatori acquistino di più con prezzi relativamente più bassi (Jorgenson e Stiroh (2000b), Stiroh (1999)).

La vecchia economia predice che i prezzi decrescenti dei beni capitali inducono alla sostituzione e fanno aumentare la produttività del lavoro perché ogni lavoratore avrà una maggiore e migliore attrezzatura con la quale lavorare. Come sintetizzano Shapiro e Varian (1999) "Technology changes. Economic laws do not". I due autori affermano che oggi si è molto attenti al cambiamento tecnologico, mentre non si guarda alle forze economiche che agiscono da motore per il cambiamento e che determinano il successo oppure il fallimento di un'attività. Infatti, le tecnologie si sviluppano velocemente ed apparentemente in modo caotico, ma anche nel caos c'è ordine e sono proprio le leggi economiche a spiegare l'evoluzione che sta avvenendo oggi. Inoltre, Shapiro e Varian mostrano come internet possa essere confrontato con altre innovazioni tra le quali il telefono. Tale analisi e, soprattutto, la somiglianza delle tecnologie ICT con altre invenzioni del passato, ci consentono di affermare che oggi la tecnologia è variata ma le leggi dell'economia probabilmente no.

c) Le nuove tecnologie dell'informazione consentono di accumulare capitale più velocemente?

¹ Nei lavori compiuti fino alla metà degli anni novanta ci si riferiva alle nuove tecnologie come IT-*Information Technology* trascurando, così, il ruolo giocato dalla comunicazione. Successivamente, dalla seconda metà degli anni novanta si parla di ICT-*Information and Communication Technology* (tecnologie dell'informazione e delle telecomunicazioni).

Rispondere a tale domanda non è semplice poiché in assoluto non esiste un modo per accelerare l'accumulazione di capitale. È indubbio, però, che la rapida diminuzione del prezzo dei beni capitali caratterizzanti le ICT ha permesso di dotare i singoli lavoratori di strumenti che hanno fatto aumentare la produttività del lavoro e di conseguenza la crescita economica. D'altronde, l'accumulazione in ICT da sola può non essere sufficiente per generare guadagni di produttività più elevati rispetto a quelli ottenuti in passato. Sichel (1997) dimostra che i computer rappresentano solo il 2% dello stock di capitale aggregato e conclude che il 2% è troppo esiguo per fare la differenza nell'intera economia, anche se i computer hanno rendimenti sopra il normale, associati con un aumento straordinario della produttività. Quest'affermazione di Sichel se presa nella sua interezza dovrebbe portarci a concludere che tale strada più veloce non esista. L'esiguo 2% del capitale complessivo che Sichel attribuisce ai computers ci sembra basso. Questo ci porta alla domanda:

d) Esistono dei problemi di misurazione?

Molti lavori empirici non evidenziano alcuna correlazione tra le nuove tecnologie e la crescita economica. Il fatto che i dati non mostrino tale relazione è attribuibile, secondo alcuni studiosi, ai problemi di misurazione del fenomeno ICT presenti nelle statistiche utilizzate.

Griliches (1994) sottolinea un'evidente differenza nella crescita dell'output nei diversi settori, nel periodo 1950-1990. Infatti, Griliches osserva che, nel periodo oggetto della sua analisi, alcuni settori mostrano un'accelerazione della crescita della produttività del lavoro (agricoltura, minerario, manifatturiero, trasporti e comunicazione) mentre in altri settori, dove misurare l'output è notoriamente più difficile (costruzioni, commercio, settore finanziario et al.), si verifica uno *slowdown* della produttività. Anche van Ark (2001) stima un aumento degli errori relativi allo spostamento dell'occupazione verso i settori dove misurare l'output è più difficile.

In sintesi, per Griliches i problemi dovuti al ruolo delle ICT possono essere divisi in quattro categorie: problemi di misurazione rispetto all'output del settore manifatturiero (che rappresenta la più grande industria tra quelle del settore 'misurabile' dell'economia) e del settore dei servizi (il quale domina i settori 'non misurabili'), problemi di misurazione riguardanti gli input (fattori di produzione e input intermedi) sia nel settore manifatturiero sia nel settore dei servizi.

2.2 *New and Old Economy*

Il termine "nuova economia" porta, spontaneamente, ad una contrapposizione con la *Old Economy*. Ciò probabilmente non è corretto se si considera la *New Economy* come l'applicazione di nuovi strumenti di comunicazione da un lato e l'enfatizzazione di

alcuni settori ad alta tecnologia dall'altro. Vista in tale ottica sembra che le forze generate dalla nuova economia non si contrappongono alla vecchia, ma interagiscono con essa.

Infatti, per *old economy* intendiamo l'insieme di attività e settori per così dire "tradizionali" dell'economia, e in particolare le attività manifatturiere e le imprese che vi operano. Infatti, come vedremo nei capitoli successivi, nel settore manifatturiero sono identificate molte imprese riconducibili al settore sia *ICT-using* sia *ICT-producing*.

Varian (2003) afferma che non sono necessari nuovi principi per capire la nuova economia. Molti dei principi che guidano la nuova economia dell'informazione esistevano già nella vecchia economia industriale. Solo gli aspetti che non sono comuni con la vecchia economia industriale, come *network effects*, possono essere indicati come le regole dell'economia dell'informazione.

Anche Stiroh (2000) è d'accordo con tale interpretazione secondo la quale per capire la nuova economia è utile partire dalla vecchia economia. Nel fare questo parte dal modello di Solow (1956, 1957) dove la crescita dell'output dipende da due fattori: la crescita della produttività del lavoro e la crescita dell'offerta di lavoro (misurata in ore lavorate). La produttività del lavoro dipende, a sua volta, da diversi fattori che consentono a ciascun lavoratore di produrre più output: intensità di capitale, qualità del lavoro e capitale umano, produttività totale dei fattori, progresso tecnico, guadagni di efficienza, riallocazione delle risorse ed economie di scala.

Così la NE rappresenta una 'quasi rivoluzione' che non significa sostituire la nuova economia con la vecchia, ma un nuovo modo di intendere i processi economici che porterà nel medio-lungo periodo ad una necessaria integrazione. Questo può essere riconosciuto nell'applicazione generalizzata della nuova tecnologia informatica e delle telecomunicazioni (ICT) all'intera economia.

Tra i sostenitori delle ICT come base di una nuova rivoluzione industriale vi è Rullani (2001) che divide in tre grandi classi gli effetti prodotti dalle ICT:

- i) una rivoluzione settoriale dei costi (*new economy*);
- ii) una rivoluzione nelle relazioni (*net economy*);
- iii) una rivoluzione nella produzione e nell'uso della conoscenza (*knowledge economy*).

Secondo Rullani ognuno dei tre effetti, prodotti dalle ICT, ha una logica che deve essere considerata a parte, in quanto *new*, *net* e *knowledge economy* attivano ciascuna un circuito di innovazioni e di investimento autonomo dagli altri, che ne sono la premessa o il risultato. In particolare, dall'analisi di Rullani si evince che la vecchia economia sembra essere ancora importante. Infatti, nella prima fase avviene uno spostamento di risorse dai settori della *old* (a bassa produttività) a quelli della *new economy* (a più alta produttività). Questo effetto causa delle economie di allocazione che vanno a beneficio della crescita del reddito e della produzione complessiva. In tale senso la vecchia economia riveste ancora un peso rilevante rispetto alla nuova, ma

questo peso è via via decrescente in termini di crescita della produzione e della produttività.

La produzione di beni e servizi, nell'economia tradizionale (*old economy*), è basata sull'utilizzazione delle risorse, delle materie prime e della forza lavoro. Mentre la *new economy* è stata definita come l'economia della conoscenza e dell'informazione, le cui principali caratteristiche sono individuabili nella diffusione e affermazione delle nuove tecnologie. Da tali definizioni potrebbe evincersi che la *new* e la *old economy* si riferiscano a due concetti separati e associati a due tipologie di mercato, con la prima di importanza marginale rispetto alla seconda, il *market place* basato sulle fisicità e il *market space* basato sull'informazione. Il punto è che se la chiave interpretativa è legata soltanto al concetto di informazione, risulta essere troppo limitata. Infatti, se si parte dal presupposto che l'attività lavorativa è alla base di tutti i processi di valorizzazione, allora i concetti *old* e *new economy*, che vengono considerati separati, devono essere ricondotti ad uno solo: economia senza distinzioni.

Chiaramente il progresso tecnologico consente alcune forme di superamento che, implicano non tanto la sostituzione della precedente modalità produttiva quanto l'assorbimento e l'integrazione della stessa. L'informazione si può considerare alla stregua di una materia prima o un input intermedio, con l'unica differenza che non è tangibile: l'elemento che entra nel processo produttivo è ora collocato su un piano immateriale ed è valorizzabile soltanto mediante il suo utilizzo.

3. La nuova economia ed il cambiamento strutturale

La domanda che ci poniamo in questo paragrafo è se la *new economy*, che come abbiamo affermato nel precedente paragrafo non si sostituisce alla vecchia economia ma si integra con essa, possa essere vista come un cambiamento strutturale.

Pasinetti (1993) afferma che si può parlare di cambiamento strutturale quando si verificano mutamenti permanenti nei livelli assoluti delle grandezze macroeconomiche di base, come il prodotto interno lordo, il consumo totale, gli investimenti totali e l'occupazione totale. Il problema è che nel breve periodo è difficile distinguere con chiarezza i mutamenti transitori e reversibili dai cambiamenti della composizione che sono permanenti ed irreversibili.

Pasinetti (1981) presenta un'analisi sistematica della crescita economica e del cambiamento strutturale in una tradizione post-Keynesiana. Pasinetti afferma che i cambiamenti strutturali della produzione e dell'occupazione risultano da differenze nella crescita della produttività oppure da differenze nella crescita della domanda dei beni tra i settori. Così, le forze che guidano il cambiamento strutturale sono rappresentate dalle differenze nelle elasticità del reddito e della domanda tra i settori.

La motivazione che sta dietro questo processo è la legge di Engel, secondo la quale "the budget share for food is decreasing in income". Engel (1857) afferma che le implicazioni di questa legge per lo sviluppo ed il cambiamento strutturale sono molto chiare: un relativo declino della domanda dei beni causa inevitabilmente una diminuzione dell'output e dell'occupazione nel settore agricolo e provvede a fornire risorse per fare emergere nuove industrie. Pasinetti (1993) ha sostenuto che la curva di Engel ha una tipica forma logistica: le spese per alcuni beni crescono solo lentamente all'inizio, successivamente decollano ed, infine, sono stagnanti come l'approccio della domanda nel punto di saturazione. Anche Matsuyama (2002), ha studiato un modello di distribuzione del reddito nel quale le industrie decollano, una dopo l'altra, generando un modello coerente con la versione generale della legge di Engel.

Foellmi e Zweimuller (2002) affrontano il tema del cambiamento strutturale secondo un'ottica diversa. L'idea di base del loro modello è che le famiglie espandono il loro consumo lungo una scala gerarchica di bisogni. Al crescere del reddito, sempre più beni e servizi entrano nell'insieme di consumo, e più bisogni vogliono essere soddisfatti. La "funzione gerarchica", che caratterizza la propensione dei consumatori, si muove da beni con alta priorità a beni con bassa priorità. In tale modo ci sono *spillovers* di conoscenza interindustriale, così l'attività innovativa in un settore aggiunge all'economia stock di conoscenze ed aumenta la produttività in tutti gli altri settori. L'assunzione di ampi effetti di *spillovers* nell'economia genera nel settore uno specifico progresso tecnico, la seconda possibile fonte del cambiamento strutturale dopo l'innovazione.

In tale modello l'innovazione gioca un ruolo cruciale nel sostenere la crescita della produttività, e questo crea un'interazione tra dinamica settoriale e dinamica aggregata: le prospettive di una rapida crescita diventano importanti per l'emergere di nuove industrie e la R&S le porta ad assumere un ruolo centrale per i miglioramenti della produttività.

Pasinetti (1993) evidenzia che l'effetto immediato dei mutamenti tecnici si basa sulla struttura dei prezzi; tutti i prezzi relativi sono in movimento, ossia tutta la struttura dei prezzi varia continuamente. Le variazioni dei prezzi relativi producono una lunga catena di ulteriori effetti. Il primo effetto del progresso tecnico è un aumento dei consumi, che diventa necessario affinché si mantenga l'equilibrio di piena occupazione. Conseguenza immediata è un processo di cambiamento nella dinamica strutturale dell'occupazione. L'operare insieme, della dinamica strutturale dei coefficienti tecnici e di quelli di domanda, rende necessaria una mobilità del lavoro inter-settoriale, che avverrà anche se il numero dei settori che hanno bisogno di assumere nuovi lavoratori risulterà superiore al numero di settori che sono nella necessità di licenziare lavoratori.

Salter (1960) sostiene che la struttura della produzione (rispetto ai prezzi ed all'occupazione) è la più variabile ed è associata con le variazioni della produttività e del lavoro. Il processo che si mette in atto è il seguente: sotto la spinta della tecnologia in rapido progresso e delle economie di scala che ne conseguono, i costi delle industrie

con un alto tasso di crescita diminuiscono continuamente rispetto alle altre industrie. Infatti, Salter (1966) afferma che le industrie che registrano un alto tasso di progresso tecnologico ottengono una diminuzione dei prezzi relativi ed alti tassi di aumento della produzione, mentre le industrie con minore possibilità tecniche si trovano di fronte a mercati in contrazione, dato che aumentano i prezzi relativi dei loro prodotti ed i loro costi di produzione. Infine, sono le industrie più innovative che stabiliscono il ritmo dello sviluppo, non solo perché superano le industrie con minori possibilità tecniche, ma perché il loro stesso successo provoca pressioni sui costi e sulla domanda accentuando le difficoltà delle industrie con minori possibilità.

Il passaggio da un sistema tecnologico ad un altro (Freeman 1985, Sylos Labini 1989) causa instabilità in tutti i settori economici producendo forti modifiche nella matrice dell'economia. Le nuove tecnologie creano nuovi mercati per i nuovi settori e spiazzano settori e mercati già esistenti" (Vivarelli, 1995).

A tale trasformazione settoriale, secondo Vivarelli (1995), contribuiscono fortemente le nuove tecnologie dell'informazione e della telecomunicazione che hanno ridisegnato i settori economici e la relazione esistente tra nuove tecnologie ed occupazione. Il progresso tecnico legato alle ICT si presenta essenzialmente come labour-saving ed i suoi effetti sull'occupazione sono differenti nel caso di innovazioni di processo o innovazioni di prodotto. Per Vivarelli (1995) gli effetti labour-saving delle innovazioni di processo solo parzialmente sono controbilanciate da alcuni meccanismi di compensazione (ad esempio, attraverso la diminuzione dei prezzi e la conseguente crescita della domanda), mentre la creazione di nuova occupazione può essere molto forte attraverso l'effetto compensativo generato dallo sviluppo di nuovi prodotti.

Per Vivarelli, la nascita di nuovi prodotti legati alle ICT ha significato principalmente la nascita di nuovi settori e servizi ai quali si è accompagnata una crescita dell'occupazione.

Fagerberg (2000) studia l'impatto del cambiamento strutturale sulla crescita della produttività del settore manifatturiero mostrando che il cambiamento strutturale gioca un ruolo molto importante per tutta la crescita della produttività. I suoi risultati, basati sull'andamento dell'economia di 39 paesi tra il 1973 e il 1990, indicano che il cambiamento strutturale, oggi, sta avvenendo in modo diverso rispetto al passato. La principale differenza riguarda il ruolo giocato dalle nuove tecnologie generanti il cambiamento strutturale. In passato, le variazioni dell'output, della produttività e dell'occupazione sono state fortemente correlate. Più recentemente, tale relazione tra output, produttività e occupazione è diventata più confusa. In alcune industrie le nuove tecnologie hanno aumentato la produttività ad un tasso molto elevato, ma senza un simile cambiamento per il lavoro. Infatti, le industrie che hanno manifestato un aumento dell'occupazione sono state le industrie manifatturiere tradizionali con una bassa crescita della produttività. Si vede così come negli ultimi decenni i cambiamenti strutturali non hanno manifestato i legami tra la domanda, l'output e l'occupazione nel

modo in cui eravamo abituati. Questo spiega perché il cambiamento strutturale, ai fini della crescita della produttività, sembrava più importante in passato rispetto a quanto è risultato fino al 1990.

L'analisi della letteratura che abbiamo effettuato ci consente di dare una risposta affermativa alla domanda che ci siamo posti all'inizio del paragrafo e ci permette di affermare che la nuova economia possa essere vista come un cambiamento strutturale. Infatti, la diffusione delle ICT è destinata ad avere un effetto di lungo periodo sul comportamento economico di produttori e consumatori in tutti i settori dell'economia, in termini di produzione, commercio, investimenti ed occupazione.

3.1 Il declino del settore manifatturiero

Nel secolo scorso lo sviluppo delle maggiori economie è stato guidato dalla crescita delle imprese del settore manifatturiero che rappresentavano il cuore delle attività di produzione di beni su larga scala. Oggi, queste imprese sono in relativo declino nel mondo e, in generale, le attività di produzione diventano meno importanti nell'intera catena del valore. Al contrario, le imprese si specializzano sempre più sul ruolo dell'informazione curando il *design*, la produzione e distribuzione su scala globale e commissionando in out-sourcing la produzione ad un costo più basso.

In questo modo le strutture sociali attraverso le quali la creazione, produzione e distribuzione di beni hanno luogo cambiano rapidamente sperimentando una tendenza al declino del settore manifatturiero.

Ciò nonostante, Rowthorn (1995) sostiene che il settore manifatturiero è ancora oggi molto importante per la prosperità delle economie avanzate. Infatti, egli afferma che tutti i paesi seguono un modello simile nel processo di sviluppo economico:

1) industrializzazione - l'output manifatturiero aumenta molto velocemente a spese del settore agricolo;

2) de-industrializzazione - l'espansione del settore dei servizi è fatta a spese del settore manifatturiero e di altre attività industriali.

Nella fase di "industrializzazione" l'output manifatturiero aumenta molto velocemente. Sia il settore manifatturiero sia il settore dei servizi aumentano la loro quota di lavoro e di valore aggiunto a spese dell'agricoltura, che diminuisce drasticamente. Il processo si arresta quando la dimensione del settore agricolo diventa talmente piccola che significative espansioni da parte del settore dei servizi possono essere fatte soltanto a spese del manifatturiero e di altre attività industriali. A questo punto l'economia si trova in una fase chiamata "de-industrializzazione". La crescita dell'output manifatturiero diminuisce e, di conseguenza, la quota di lavoro e di valore aggiunto di questo settore comincia a diminuire.

Tutte le economie seguono questa traiettoria generale, nonostante vi siano molte differenze tra i paesi rispetto sia ai tempi necessari per passare da una fase all'altra del processo di sviluppo economico, sia per la dimensione del settore manifatturiero ad ogni dato livello di reddito pro-capite.

Un fattore importante in tale contesto è la natura del ruolo giocato da un paese nell'economia mondiale. Il modello del commercio differisce ampiamente tra i paesi con lo stesso reddito pro-capite e queste differenze sono riflesse nella struttura economica interna. Per Rowthorn (1995), molti economisti hanno cercato di spiegare la diminuzione del lavoro manifatturiero nelle economie avanzate con le seguenti teorie:

i) *Il ruolo della domanda.* Secondo Bell (1973) il modello di sviluppo riflette il modello di domanda. Egli afferma che ogni società segue tre stadi nel corso dello sviluppo economico: agrario, industriale e post-industriale. Nella società agraria, la maggior parte degli individui lavora la terra, pochi beni manifatturieri sono prodotti e consumati. All'aumentare del reddito pro-capite la domanda di beni manifatturieri aumenta rapidamente. Per produrre tali beni è richiesto un grande aumento di lavoro nel settore manifatturiero, nelle industrie che offrono tali beni, nel settore energetico ed in quello delle materie prime. Così la società entra nell'era industriale. Questa è solo una fase di passaggio e a livelli più alti di reddito pro-capite la domanda diventa sempre più elevata. Le persone diventano sazie dei beni manifatturieri e la loro domanda si sposta verso i servizi, la cura del benessere, i ristoranti, l'intrattenimento e le attività di *loisir*. Così, secondo questa teoria il declino del lavoro manifatturiero nelle economie avanzate è dovuto al fatto che le persone raggiungendo il punto di sazietà per i beni manifatturieri cominciano a desiderare più servizi.

La critica che Rowthorn (1995) ha mosso a tale teoria è che quasi tutte le attività economiche che caratterizzano una società fanno uso dei beni manifatturieri. Molte industrie dei servizi sono ad alta intensità di capitale e utilizzano un ampio ammontare di attrezzature e poco lavoro. Emblematico in questo senso è il trasporto aereo dove il costo del capitale umano rappresenta solo una piccola parte del capitale. Il consumo personale dei beni manifatturieri (computer, video recorder) aumenta fortemente. L'idea che la domanda per i beni manifatturieri nelle economie avanzate sia quasi saturata è errata. La domanda per i beni manifatturieri continua a crescere quando l'economia è matura, ma l'andamento è molto più lento di prima. Questo è uno dei fattori che risiede dietro il declino dell'occupazione manifatturiera nelle economie avanzate.

ii) *La divisione internazionale del lavoro.* Brown e Julius (1994) affermano che la spesa per i beni manifatturieri è aumentata nei paesi ricchi e continuerà ad essere così anche in futuro. Tuttavia, questi beni sono importati dai paesi in via di sviluppo più che prodotti in casa, mentre le economie avanzate si occupano del settore dei servizi come *banking* e *consultancy*. Brown e Julius prevedono che l'industria manifatturiera diventerà sempre meno rilevante nelle economie avanzate e il bisogno dei beni manifatturieri sarà soddisfatto soprattutto attraverso le importazioni dai paesi in via di

sviluppo. Così, lo spostamento ad una società post-industriale è interpretato come una conseguenza della divisione internazionale del lavoro, secondo la quale i paesi in via di sviluppo si specializzano nella produzione di beni manifatturieri per i quali utilizzano la loro abbondante offerta di lavoro meno qualificata e a basso costo, mentre le economie sviluppate si specializzano nella produzione di quei beni manifatturieri dove presentano un vantaggio dovuto alla maggiore dotazione di stock di capitale, ricerca e sviluppo e capitale umano e, soprattutto, si specializzano nel settore dei servizi.

In realtà, tale divisione del lavoro ha creato una migrazione della produzione a basso valore aggiunto e ad alta intensità di lavoro verso i paesi in via di sviluppo, distruggendo molti posti di lavoro non qualificato nei paesi sviluppati.

iii) *La specializzazione.* Blades (1987) afferma che il declino del settore manifatturiero, misurato dalla quota dell'occupazione e dal valore aggiunto decrescente è dovuto, soprattutto, a "in house services".

Quando le imprese acquistano i loro inputs da produttori specializzati, il valore aggiunto del settore dei servizi aumenta su quello totale e, di conseguenza, diminuisce il valore aggiunto delle imprese manifatturiere che precedentemente provvedevano autonomamente a quei servizi. Visto in questo modo, è possibile affermare che, l'apparente declino dei beni prodotti e dell'occupazione del manifatturiero e il concomitante aumento del settore dei servizi, riflette soltanto un'illusione statistica dovuta alla specializzazione piuttosto che ad un cambiamento fondamentale nel mix dei prodotti.

iv) *Le nuove tecnologie.* La stagnazione o il declino dell'occupazione manifatturiera nell'economie avanzate è spesso dovuta alle nuove tecnologie le quali sostituiscono capitale a lavoro. Secondo Rowthorn questa affermazione è falsa. Essa implica che un dato ammontare di crescita dell'output nel settore manifatturiero crei meno occupazione oggi che usiamo le nuove tecnologie: un altro modo per dire che la produttività del lavoro nel settore manifatturiero sta crescendo più velocemente di prima.

Le nuove tecnologie non spiegano perché l'occupazione del settore manifatturiero abbia smesso di crescere oppure perché sia diminuita in molti paesi, possono aiutarci a spiegare perché la domanda di alcuni lavori sia diminuita e anche perché le disparità del mercato del lavoro siano aumentate in molti paesi.

L'automazione e altre nuove forme di produzione hanno eliminato molti lavori manuali di routine nel manifatturiero e questo si riflette nella composizione media della forza lavoro delle imprese manifatturiere. La percentuale di occupati professionali e specialistici è aumentata notevolmente in molte imprese manifatturiere e così anche la proporzione di "colletti bianchi".

v) *I differenziali di crescita di produttività.* Aritmeticamente la crescita dell'occupazione è uguale alla crescita dell'output meno la crescita della produttività del lavoro (output per lavoratore). Così, se l'occupazione nel settore dei servizi cresce più velocemente di quella del manifatturiero, questo può essere dovuto sia alla crescita

dell'output sia alla diminuzione della crescita di produttività del settore dei servizi rispetto al settore manifatturiero.

Rowthorn (1995) conclude che la stagnazione o il declino dell'occupazione manifatturiera nei paesi OECD non è dovuta al fatto che la domanda per i beni manifatturieri sia stagnante, ma è dovuta all'aumento sopra la media del tasso di crescita della produttività in questo settore. Spesso si afferma che la manifattura e altri tipi di beni prodotti creano benessere, mentre i servizi creano occupazione. Secondo Rowthorn c'è un fondo di verità in questa affermazione, ma è ingannevole affermare che molti servizi giochino un ruolo essenziale nella produzione e distribuzione di beni.

3.2 *Il nuovo manifatturiero*

Nella nuova economia, l'abilità e l'applicazione delle conoscenze sono economicamente rilevanti e centrali nel processo di crescita e prosperità di imprese, regioni e nazioni. La nuova informazione, le tecnologie di comunicazione e i processi di globalizzazione a loro associati "have already changed the face of manufacturing" (Sheehan, 2000). Infatti, gran parte del manifatturiero è ora informatizzato, nel senso che molte delle funzioni, dalla R&S e Marketing alla produzione e distribuzione, sono controllate da sistemi di computer avanzati che limitano il bisogno dell'intervento umano.

I cambiamenti sono così pervasivi che possiamo chiederci se il concetto di manifatturiero sia ancora rilevante. Per tale motivo è importante capire come il settore manifatturiero abbia trasformato il processo di produzione visto che il valore aggiunto e l'occupazione sono diminuiti velocemente, anche se sono diminuiti solo in alcune aree. L'industria manifatturiera è definita, solitamente, come l'insieme di quelle imprese dove l'attività predominante è la produzione di beni. Tuttavia, un declino dei rendimenti economici delle attività di pura produzione, non significa un equivalente declino dell'importanza dei beni nell'attività economica. Infatti, la creazione, produzione e distribuzione dei beni rimane fondamentale nell'economia moderna.

Così, oggi si pensa ai sistemi di produzione integrati, alla creazione e distribuzione dei beni piuttosto che concentrarsi sul manifatturiero come tradizionalmente definito. Questo concetto più ampio che incorpora molte imprese quali quelle sottostanti all'attività di produzione finale è spesso indicato come il "Nuovo Settore Manifatturiero" (Sheehan, 2000).

Come abbiamo visto precedentemente, secondo l'idea di Rowthorn, nella fase di de-industrializzazione il settore manifatturiero si contrae per fare spazio alle attività del settore dei servizi. Tuttavia, come vedremo, esiste una complementarità tra i servizi offerti oggi dal settore terziario e i beni prodotti dal settore manifatturiero.

Molte attività economiche, correntemente classificate come servizi, in passato venivano identificate come appartenenti al settore manifatturiero; infatti, tali imprese rimangono ancora fortemente dipendenti dalla domanda di tale settore.

“Ciò dipende dal fatto che la definizione di un’industria di servizio è talvolta imprecisa, e le ambiguità diventano sempre più grandi a mano a mano che la natura della concorrenza dei servizi si evolve” (Porter, 1989: 295). Ad esempio, se la manutenzione dei macchinari viene effettuata all’interno di un’impresa manifatturiera l’attività viene classificata come attività del settore manifatturiero. Al contrario, se la stessa manutenzione viene effettuata da una società che esegue la manutenzione in base ad un contratto, l’attività viene attribuita al settore dei servizi.

Questo evidenzia una forte complementarità tra la crescita del manifatturiero ed un elevato valore aggiunto nei servizi, “Non è per caso che molti paesi con un’ampia quota del commercio mondiale nelle manifatture hanno anche un’ampia quota nei servizi” (Campbell, 2002). “Rapid improvements in the manufacturing capacity of micro-processors have greatly increased the computing power of these ‘chips’. In turn, this feeds directly into the development of new programmes to exploit this enhanced processing power. This has led to the creation of new service industries such as, multi-media e mobile phone communications, which did not exist even 10-20 years ago” (Toner, 2000: 37). Questo ha portato alla creazione di nuove industrie di servizi, come comunicazioni multi-media e telefoni cellulari.

Il legame tra il manifatturiero e i servizi è essenziale per il vantaggio competitivo nazionale delle industrie dei servizi e manifatturiere. Secondo Porter (1989) esistono tre tipi di legami tra il settore manifatturiero e quello dei servizi:

i) Rapporti acquirente/fornitore; questo rapporto esprime il legame tra un servizio e la catena del valore per il cliente. Molte industrie di servizi sono state create dalla de-integrazione delle attività di servizio tradizionalmente eseguite da imprese manifatturiere. Questo ha due implicazioni: la prima è che quando non esistono imprese manifatturiere locali la domanda per i servizi è molto limitata. La seconda implicazione è che la struttura del settore manifatturiero di una nazione può influenzare fortemente i tipi e i volumi dei servizi richiesti.

ii) Servizi legati alle vendite dei beni manifatturieri; in questo caso il legame tra il manifatturiero e i servizi si ha quando la vendita dei beni manifatturieri crea una domanda per i servizi associati. Questo può essere un software che funziona con i beni manifatturieri, attrezzature per i servizi, assicurazioni, *training* e *consulting*. Senza la vendita dei beni manifatturieri questi servizi potrebbero non essere domandati. L’esportazione dei beni manifatturieri può aiutare l’esportazione dei servizi offerti su questi beni. Così, l’esplosione del settore dei servizi è dovuta in parte alla crescita e alla ristrutturazione del settore manifatturiero.

iii) Beni manifatturieri legati alle vendite dei servizi; questo ultimo legame è il reciproco del precedente. In questo caso la vendita di alcuni servizi, come l’ingegneria o

la consulenza manageriale, può portare ad una domanda di apparecchiature e di altri beni manifatturieri associati.

I collegamenti tra manifattura e servizi differiscono quanto alla loro forza e durata. La relazione acquirente/venditore è una relazione necessaria, mentre gli altri due collegamenti variano, quanto alla loro rilevanza, da un settore industriale all'altro come pure varia la loro durata nel tempo. Il legame è più forte quando esiste un collegamento tecnico tra un bene manufatto e i servizi ad esso associati o c'è convenienza ad acquistarli assieme (vendite tie-in).

Il legame tra beni manifatturieri e servizi tende ad essere più forte nelle prime fasi dell'evoluzione delle attività dei settori industriali manifatturieri e dei servizi coinvolti.

L'analisi appena effettuata ci ha consentito di vedere come varia l'attività svolta nel settore manifatturiero con l'affermarsi di nuove tecnologie, e come varia, inoltre, la classificazione delle attività appartenenti ad un settore oppure ad un altro nel corso del tempo. Infatti, affermare che il settore manifatturiero risulta oggi poco importante non è corretto perché, come abbiamo appena visto, alcune attività si sono spostate verso il settore dei servizi. Inoltre, come vedremo nei successivi capitoli molte imprese classificate come ICT appartengono proprio al settore manifatturiero.

4. Le ICT e la New Economy

Freeman e Soete (1987) definiscono l'*Information Technology* come una combinazione di nuove tecnologie sviluppate nella microelettronica, nei computer, nella optoelettronica e nei sistemi di comunicazione i quali, operando insieme, hanno avuto effetti così pervasivi che molti studiosi hanno parlato del cambiamento di paradigma nella tecnologia. Freeman e Soete individuano due approcci per definire l'importanza delle nuove tecnologie e per misurare i loro effetti sull'occupazione.

i) Il primo approccio si riferisce alle nuove tecnologie come ad una continuazione del dibattito sull'automazione. L'enfasi di questo approccio si rivolge quasi interamente al processo di innovazione.

ii) Il secondo approccio riguarda le industrie IT come una nuova branca dell'economia capace di impartire un nuovo impeto all'occupazione. Il settore IT secondo tale filone comprende sia industrie del settore manifatturiero sia industrie del settore dei servizi.

Secondo Spiezia e Vivarelli (2000) le ICT mostrano un ritmo veloce di diffusione ed un elevato grado di pervasività rispetto ai precedenti paradigmi tecnologici. Inoltre, il paradigma delle ICT presenta delle peculiarità qualitative che sono rilevanti per accertare l'impatto delle innovazioni sull'occupazione. Per esempio, oggi il ruolo della

composizione settoriale di una data economia sembra essere più importante che nel passato.

Più recentemente Freeman (2001) ha sostenuto che l'Information Technology è soltanto l'ultima di una serie di nuove tecnologie pervasive, che hanno trasformato l'economia mondiale in modo così profondo da soddisfare tutti i requisiti per quello che Schumpeter indica come una "nuova rivoluzione industriale".

Inoltre, Freeman afferma che le ICT, viste come delle tecnologie pervasive (grazie alla loro efficienza tecnica ed alla riduzione dell'incertezza) hanno generato un periodo di turbolenza che potrà durare ancora a lungo prima di essere seguito da un periodo di forte stabilità quando i miglioramenti ottenuti grazie alle nuove tecnologie diventeranno più evidenti.

Albolino et al. (2003) attribuiscono alla comunicazione un ruolo essenziale ed evidenziano due caratteristiche intrinseche della *New Economy*. La prima caratteristica consiste nel fatto che la nuova economia nasce e si espande in un ambiente fortemente variabile in cui l'elemento dominante è il mondo virtuale della rete, attraverso il quale informazioni e dati passano velocemente superando confini non solo spaziali e temporali ma anche socioeconomici e culturali. La forte dinamicità e il grado di innovazione che caratterizzano le nuove forme di organizzazione dell'economia rendono difficile l'individuazione chiara della natura e della portata del fenomeno. Questo si rende evidente nell'assenza, nella letteratura di riferimento, di definizioni univoche e condivise sia di che cosa si intende per *New Economy* sia di quali siano gli ambiti di sviluppo del fenomeno.

L'altra caratteristica fa riferimento ai cambiamenti tecnologici. Questi ultimi nel contesto della NE si susseguono molto più rapidamente rispetto al passato e si diffondono più velocemente. Per di più, essi alimentano attività economiche in parte assolutamente nuove ed in qualche caso intangibili. Questo rende difficile, non solo l'identificazione e la definizione dei nuovi processi di business, ma anche la misurazione dell'impatto che l'impiego delle nuove tecnologie hanno sugli indicatori di crescita economica. Le difficoltà di misurazione si trasferiscono nella variabilità delle stime, realizzate da differenti autori a diversi livelli di analisi. L'attendibilità dei dati è dunque vincolata alla eterogeneità delle fonti oltre che alla rapidità dei cambiamenti che rendono subito obsolete, se non aggiornate continuamente, le misurazioni effettuate.

Stiroh (1999) si concentra, invece, sugli effetti della nuova economia. Egli afferma che:

i) la NE può implicare un elevato trend di crescita derivante, soprattutto, dalla crescita della TFP.

ii) La NE può influenzare il ciclo economico; le ICT, in aggiunta alla globalizzazione, possono cambiare il trade-off di breve periodo tra inflazione e disoccupazione e abbassare il NAIRU. I sostenitori della new economy affermano che la globalizzazione mantiene i prezzi sotto controllo perché le imprese sono forzate a

competere con le importazioni e con il costo del lavoro più economici provenienti dall'estero. Inoltre, le ICT permettono alle imprese di aumentare la produttività, tagliare i costi senza aumentare i prezzi. In questo modo, le ICT e la globalizzazione cambiano la struttura dell'economia e forzano le imprese ad operare in un modo nuovo senza aver bisogno di aumentare i prezzi. In tale modo l'economia può espandersi a lungo senza la pressione dell'inflazione.

iii) Le fonti di crescita sono diverse; alcune parti dell'economia possono beneficiare dell'aumento dei rendimenti di scala, *network effects* oppure di esternalità. Questa situazione comporta considerevoli *spillovers* che contribuiscono ad un'elevata crescita della TFP che alimenta la crescita.

Le tre versioni differiscono in specifiche previsioni ed implicazioni, ma hanno una visione comune che le rende parti della nuova economia. In tutte e tre le versioni, globalizzazione e computerizzazione non sono viste semplicemente come sintomi di altri fattori ma come le forze guida che cambiano l'economia (Stiroh, 2000: 4).

Le ICT possono fare aumentare i tassi di crescita economica, sia mediante il settore di produzione delle ICT, il quale contribuisce direttamente alla crescita con un'efficienza dell'output crescente (in questo senso, possiamo parlare di NE se la produzione di beni e servizi nelle industrie ICT si espande rapidamente), sia mediante l'aumento degli investimenti in ICT, i quali aumentano l'intensità di capitale di produzione nell'economia intera e riflettono un aumento della qualità ed una caduta dei prezzi degli impianti ICT.

Quindi, la NE può essere evidenziata come l'aumento del contributo del capitale ICT alla crescita economica, ma anche attraverso un fenomeno di "spill-over effects" e si riferisce, per esempio, alla diffusione di internet e allo sviluppo dell'e-commerce (Jalava, 2002). Quest'ultimo canale può consentire alle imprese di avere una significativa riduzione dei costi e un miglioramento organizzativo. Nell'economia aggregata tale risparmio e il conseguente guadagno di efficienza si possono mostrare nella forma di veloce espansione nella parte di crescita economica non attribuibile alla quantità (e qualità) del lavoro e del capitale fisico utilizzato nel processo di produzione. Questo fenomeno è quello che gli economisti chiamano crescita della produttività multifattoriale (Gordon, 2000).

L'introduzione delle nuove tecnologie può, inizialmente, causare un rallentamento nella produttività e una riduzione nella crescita economica in quanto l'organizzazione e lo sviluppo del capitale umano intorno ad esse, include molte prove ed errori: si tratta dell'effetto del *learning by doing* per eccellenza.

La relazione tra l'inizio e l'esplosione economica delle tecnologie e i loro effetti sulla crescita della produttività è molto complicata. La produttività media del lavoro cresce più velocemente della MFP e la differenza tra esse è dovuta al contributo del "capital deepening", cioè al fatto che ogni economia in crescita raggiunge un tasso di crescita, del suo input capitale, più elevato del suo input da lavoro, così fornisce a ciascuna unità

di lavoro una quantità crescente di capitale. In altre parole il *capital deepening* indica il contributo del capitale fisico (impianti, macchinari, etc) alla produttività misurata in termini di prodotto per occupato di ciascun lavoratore impiegato.

4.1 *Le ICT come General Purpose Technologies*

Sia l'evidenza storica sia l'analisi teorica sottolineano che le *General Purpose Technologies* (GPT) possono giocare un ruolo chiave nella crescita economica. È stato ampiamente accettato che la macchina a vapore durante la prima rivoluzione industriale, l'elettricità nella prima parte del secolo scorso e la microelettronica negli ultimi due decenni hanno giocato tale ruolo.

Uno dei primi riferimenti alle ICT come tecnologie generiche lo troviamo in Freeman (1987) il quale sosteneva che: "the promotion of generic technology, has become a regular feature of technology policy and industrial policy in almost every member country of the OECD in the course of the 1970, end 1980s" (Freeman, 1987: 78).

Bresnahan e Trajtenberg (1995) hanno proposto la nozione di *General Purpose Technologies* per indicare quelle innovazioni tecnologiche drastiche che possiedono tre caratteristiche: pervasività, dinamismo tecnologico e complementarietà innovative.

La pervasività implica che le GPT possono essere adottate in molti settori, perché forniscono una funzione generica. Il dinamismo tecnologico deriva dalla capacità di generare un flusso continuo di nuove innovazioni che, di conseguenza, consentono elevati aumenti di efficienza nel tempo. Le complementarietà tecnologiche esistono se la produttività dell'attività di ricerca e sviluppo nei settori a valle aumenta come conseguenza di ulteriori innovazioni delle GPT e viceversa. Molte tecnologie possiedono in parte ciascuna di queste tre caratteristiche mentre le GPT le presentano tutte.

Helpman e Trajtenberg (1996) assumono che i vantaggi nelle GPT siano esogeni e ricorrano ad intervalli fissi nel tempo; inoltre, gli autori sostengono che ogni volta che appare una GPT genera un ciclo che si compone di due fasi distinte.

Nella prima fase si sviluppano gli inputs complementari che prendono i vantaggi dalle GPT, l'output e la produttività crescono meno velocemente ed i salari reali sono stagnanti. Lo stadio iniziale di una nuova GPT causa un processo di crescita non costante, i primi adottatori fanno richiesta di input complementari mentre i ritardatari continuano a produrre con le vecchie GPT. Soltanto quando una massa critica di settori ha già adottato le nuove tecnologie, il reddito reale aumenta e sia i pionieri sia i ritardatari sono indotti a fare successivi investimenti complementari che "pay off right away" e di conseguenza generano una crescita sostenuta. Infatti, nella seconda fase,

dopo che sufficienti inputs complementari sono stati sviluppati, i vecchi inputs vengono sostituiti con le nuove e più produttive GPT. Di conseguenza si ha un aumento della crescita, con un aumento dell'output, dei salari reali e dei profitti. Ogni volta che nuove GPT compaiono i due cicli si ripetono.

Secondo Bresnahan e Trajtenberg (1995) le GPT giocano un ruolo di "enabling technologies", in quanto aprono la strada a nuove opportunità piuttosto che offrire soluzioni finali. Ciò è accaduto sia per il motore a scoppio sia per l'energia elettrica. In tale caso si sono generate una serie di innovazioni incrementali che, insieme alle complementarità innovative, hanno migliorato gli effetti delle innovazioni nelle GPT ed hanno aiutato a diffondere i loro benefici nell'intera economia.

In tale modo il progresso tecnologico può avvenire lungo due dimensioni. Mediante un nuovo paradigma tecnologico (macchina a vapore, elettricità) oppure con lo sviluppo crescente di innovazioni compatibili all'interno di un dato paradigma. L'esistenza di due livelli di progresso tecnologico viene formalizzata assumendo che, all'apparire di una nuova GPT, così come per altre innovazioni, la funzione di produzione si sposta verso l'alto. Così con la stessa quantità di input grazie ad una migliore tecnologia possono essere prodotti più output. Inoltre,

"The term "general-purpose technology", or GPT, has seen extensive use in recent treatments of the role of technology in economic growth, and is usually reserved for changes that transform both household life and the ways in which firms conduct business. Steam, electricity, and information technology (IT) are often classified as GPTs for this reason. They affected the whole economy." (Jovanovic e Rousseau, 2003: 1).

Le tecnologie ICT presentano tutte le caratteristiche sopra descritte. A sostegno della loro tesi delle tecnologie ICT viste come tecnologie generali e pervasive, Jovanovic e Rousseau (2003) prendono l'energia elettrica come un altro caso di tecnologie GPT e, in uno studio basato sull'esperienza degli Stati Uniti nel periodo 1890-2000, ne mettono, in evidenza le similarità e le dissimilarità esistenti tra quest'ultima tecnologia e le ICT.

Le somiglianze possono essere sintetizzate nel seguente modo:

- i) per entrambe le tecnologie, i tassi di crescita successivi alla loro entrata in vigore sono stati sempre al di sotto di quelli ottenuti nei decenni immediatamente precedenti;
- ii) gli indicatori di capacità innovativa (nuove imprese, uscite, brevetti e *trademarks*) e gli investimenti delle nuove imprese, rispetto a quelle esistenti, sono tutti più alti durante le fasi delle GPT;
- iii) i consumi privati aumentano gradualmente in entrambi i casi di tecnologia;
- iv) i tassi di interesse reali sono simili in entrambi i casi e di circa tre punti percentuali più alti nei quarant'anni centrali del ventesimo secolo.

Le principali dissimilarità tra le ICT e l'energia elettrica possono essere riassunte nei seguenti aspetti:

a) le innovazioni crescono molto più velocemente nell'era delle ICT rispetto a quella dell'energia elettrica; inoltre, il prezzo delle ICT è diminuito molto più velocemente rispetto al prezzo dell'elettricità;

b) le ICT si stanno diffondendo molto più lentamente dell'elettricità e la sua adozione negli Stati Uniti (e negli altri paesi) continua ancora ad aumentare;

c) il *productivity slowdown* è stato più forte nell'era delle ICT, poiché la nuova tecnologia non si è rivelata immediatamente user-friendly e, di conseguenza, la produzione è diminuita.

Dallo studio di Jovanovic e Rousseau si può dedurre che il rallentamento nella produttività derivato dall'uso delle nuove tecnologie ICT è spiegabile con una necessaria fase di *assorbimento* (o learning) delle tecnologie, ma all'aumentare degli investimenti nel corso del tempo la produttività dovrebbe crescere più rapidamente di quanto sia accaduto nel periodo di esplosione della diffusione dell'energia elettrica, perché, affermano sempre Jovanovic e Rousseau, le tecnologie ICT sono tecnologicamente più rivoluzionarie dell'elettricità.

5. Gli effetti delle ICT sulla produttività del lavoro

La produttività del lavoro misura l'ammontare di output che può essere prodotto con un dato ammontare di lavoro. Una misura più efficace di produttività del lavoro è dividere l'output per il numero di ore effettivamente lavorate. In ogni caso, entrambe le definizioni fanno intuire perché la produttività del lavoro sia considerata una misura importante delle *performance* di lungo periodo dell'economia. Essa è la determinante più importante del livello di reddito di un paese, poiché un basso livello di crescita della produttività limita il tasso al quale il reddito reale può aumentare. Infatti, la crescita della produttività del lavoro aumenta l'ammontare di beni e servizi disponibili in un'economia senza un corrispondente aumento del tempo speso per il lavoro. Per tale ragione la crescita della produttività spesso viene vista come una buona *proxy* per il cambiamento dello standard di vita.

In realtà, la produttività del lavoro può aumentare per due motivi: un aumento del Pil oppure una diminuzione del lavoro. Rowthorn e Ramaswamy (2000) affermano che in questi ultimi anni nel settore manifatturiero dell'economia si è verificata una diminuzione dell'occupazione; infatti, la produttività del lavoro è aumentata solo grazie ad una diminuzione del lavoro (seconda ipotesi), dovuta ad una migrazione intersettoriale verso il settore dei servizi.

Il confronto dei tassi di crescita della produttività del lavoro è uno strumento standard dell'analisi economica, mentre il confronto nei livelli di produttività è meno utilizzato, nonostante quest'ultimo possa indicare la condizione relativa di un paese e

campi utili per una potenziale espansione della crescita della produttività e del *catching-up* (Pilat, 1996).

Il problema è che la produttività presenta delle difficoltà di misurazione. I sostenitori della *new economy* affermano che le difficoltà di misurazione sono dovute soprattutto al fatto che, mentre nella *old economy* la qualità dei beni prodotti cambia lentamente nel tempo, oggi, nell'era delle ICT, quest'ultima cambia rapidamente. In tale caso è necessario un accurato aggiustamento dei dati sulla qualità per capire come si muove l'economia.

Le difficoltà di misurazione delle *performance* economiche, come abbiamo visto, sono soltanto una delle possibili spiegazioni del *productivity slowdown*. Tra le altre spiegazioni vi è quello dei ritardi nella manifestazione degli effetti positivi, come affermato da Jovanovic e Rousseau (2003) per l'intera economia.

A conferma di questa tesi vi è il lavoro di Cobert e Wilson (2002) i quali compiono un'analisi dell'andamento della produttività nell'industria manifatturiera negli ultimi 50 anni negli Stati Uniti ed in altri paesi del G-7. Nella tabella 1.1 sono riportati i tassi di crescita della produttività del lavoro nell'industria manifatturiera suddivisi in tre sub-periodi: il periodo che va dalla fine della seconda guerra mondiale fino alla prima crisi petrolifera (1950-1973), il periodo che va da quest'ultima fino al 1990 ed il periodo della diffusione delle tecnologie dell'informazione e della nascita della *new economy*.

Nell'industria manifatturiera i tassi di crescita dell'output per ora lavorata negli Stati Uniti, nel primo periodo considerato, sono pari a 2.6, nel secondo periodo a 2.8 e nel terzo periodo a 4.0, quando si inizia a parlare di *productivity revival*.

Tab. 1.1: Crescita percentuale della produttività del lavoro per ora lavorata

	1950-2000	1950-73	1973-90	1990-2000
<i>United States</i>	2.9	2.6	2.8	4.0
<i>Japan</i>	6.3*	10.0	4.1	3.6
<i>Europe EU-4</i>	4.3	5.5	3.4	3.1
<i>France</i>	4.8	6.0	3.6	4.2
<i>Germany</i>	4.7	6.9	2.9	3.0
<i>Italy</i>	4.5	6.1	3.8	2.3
<i>United Kingdom</i>	3.2	3.3	3.3	2.8

Fonte: Cobert e Wilson, 2002

Gli altri paesi analizzati sono il Giappone ed i maggiori quattro paesi Europei (EU4). Per quanto riguarda il Giappone, nonostante il tasso di crescita della produttività durante il periodo 1950-2000 sia più elevato rispetto a tutti gli altri paesi analizzati, nei sub-periodi notiamo che i tassi di crescita di tale paese sono sempre decrescenti e

precisamente pari a 10.0 nel periodo 1950-73, 4.1 nel periodo 1973-90 e 3.6 nel 1990-2000. Lo stesso avviene per EU4. Tuttavia, disaggregando i paesi analizzati dell'Europa vediamo che mentre l'Italia ed il Regno Unito seguono lo stesso andamento del Giappone, cioè a dire i tassi di crescita della produttività del lavoro sono sempre decrescenti nei sub-periodi analizzati, per la Francia e per la Germania non è così. Infatti, dal secondo al terzo periodo si ha un aumento del tasso di crescita della produttività del lavoro.

Infine, ciò che è importante sottolineare è che nei due sub periodi 1950-73 e 1973-90 gli Stati Uniti hanno i tassi di crescita più bassi tra i paesi analizzati.

Pertanto, possiamo concludere che le nuove tecnologie non hanno mostrato i loro effetti sulla crescita della produttività per ora lavorata dell'industria manifatturiera negli anni settanta e negli anni ottanta, mentre la loro importanza inizia a manifestarsi negli anni novanta. Infatti, come accennato in precedenza, negli USA la crescita della produttività del lavoro non è mai stata più elevata del periodo 1990-2000 per tutti gli anni considerati.

5.1 *La prociclicità della produttività*

Sia la teoria Keynesiana sia quella Neoclassica predicono movimenti anti-ciclici della produttività, assumendo che nel breve periodo il capitale sia fisso e che il fattore lavoro presenti rendimenti decrescenti. Tuttavia, a partire dagli anni ottanta molti studi hanno offerto diverse argomentazioni a favore della tesi che la produttività possa seguire un comportamento pro-ciclico. Periodi di espansione economica sono associati a shock tecnologici che spostano la frontiera della produzione generando così movimenti pro-ciclici della produttività.

Altri effetti possono determinare una relazione positiva tra la produttività ed il ciclo economico: il fenomeno di *learning by doing* genera, ad esempio, effetti positivi dei livelli di attività sulla crescita della produttività; effetti indiretti (spillovers) di domanda possono indurre le imprese ad adottare nuove tecnologie in fasi di espansione economica piuttosto che in tempi di recessione (Atella e Quintieri, 2002: 85).

È per tale ragione che Gordon (2000) afferma che l'aumento della produttività e la crescita economica avvenuta in questi anni sia da attribuire anche a tale effetto. Infatti, egli sostiene che circa un terzo dell'accelerazione della produttività possa essere spiegato da errori di misurazione, un terzo da fenomeni ciclici e un terzo da incrementi di produttività nella produzione dei computer.

5.2 La produttività in una prospettiva storica: Verdoorn e Kaldor

Molti autori hanno sottolineato come i legami tra produttività, prodotto ed occupazione differiscono nel breve e nel lungo periodo. Nel breve periodo, la crescita del prodotto si riflette maggiormente sulla crescita della produttività, essendo l'occupazione più lenta ad aggiustarsi: a causa delle rigidità del mercato del lavoro, spesso il lavoro nel breve periodo può essere considerato un fattore quasi fisso. Dall'altro lato il possibile trade-off tra crescita della produttività e aumento dell'occupazione può emergere soltanto se si ipotizza il prodotto quale variabile fissa. Inoltre, nel lungo periodo tutte e tre le variabili possono muoversi nello stesso senso, grazie ai comuni effetti derivanti dalla crescita della produttività: facilitazione dei processi di aggiustamento strutturale, rafforzamento della competitività delle produzioni. La rilevanza di questi legami può essere colta all'interno dei modelli analitici di crescita, ad esempio quelli di tipo kaldoriano. Infatti, la natura circolare e cumulativa del processo di crescita è collegata da Kaldor alla legge di Verdoorn ovvero alla relazione tra crescita del prodotto e crescita della produttività: la prima variabile agisce sulla seconda tramite il progresso tecnico ed organizzativo. I canali specifici attraverso i quali questa legge agisce possono differire nel breve e nel lungo periodo con riorganizzazioni produttive e l'introduzione di nuove macchine (Marelli, 1989).

In particolare, Verdoorn (1949) evidenzia una relazione che esprime il nesso fra la produttività e la produzione e cioè come una maggiore suddivisione del lavoro possa avvenire solo con l'aumento del volume della produzione. Successivamente, Kaldor (1966) interpreta tale relazione intravedendo in essa due particolari elementi: i) un fenomeno di *learning by doing* dovuto ad un miglioramento della divisione del lavoro a seguito dell'aumento della produzione; ii) economie di scala dinamiche, dal momento che uno dei modi attraverso i quali si introducono i cambiamenti tecnologici e i miglioramenti della produttività del lavoro, è costituito dall'introduzione di nuovi macchinari che incorporano il progresso tecnico.

Tale visione è stata in seguito criticata da Rowthorn (1979), il quale afferma che non c'è progresso tecnico nel modello di Verdoorn ma soltanto dei rendimenti di scala, i quali sono prettamente di tipo statico. Inoltre, non vi è né un processo di *learning by doing* né economie di scala dinamiche come evidenziava Kaldor.

Kennedy e Thirlwall (1972) rafforzarono l'accento posto sul *learning by doing*. Essi affermano che l'aumento della scala di produzione crea un processo di apprendimento caratterizzato dall'esperienza cumulativa dovuta ad una maggiore specializzazione degli addetti alla produzione. Successivamente, Boyer e Petit (1980) hanno sottolineato l'ambiguità dello schema della causalità sottostante la produttività-produzione che, in un certo senso, appare come un'equazione ridotta ad una forma strutturale delle forze che regolano le tendenze della produttività.

La legge di Verdoorn (1949) o seconda legge di Kaldor², oggi, diventa importante nel contesto dell'economia moderna, poiché si è assistito ad un aumento congiunto della produttività del lavoro e ad una rapida crescita economica.

Dosi (1982) afferma che la legge Kaldor-Verdoorn coglie soprattutto gli aspetti del progresso tecnico endogeni, incorporati nei beni capitali, mentre una parte del progresso tecnico che non è incorporata in beni capitali specifici è esogena. Modificazioni di queste due componenti del progresso tecnico, oppure della loro natura, causano una modificazione della relazione Kaldor-Verdoorn nel tempo. Infatti, già negli anni settanta il progresso tecnico è diventato sempre più risparmiatore di lavoro. Il risparmio di lavoro sembra essere indipendente anche da aumenti delle dimensioni delle unità produttive. È possibile ipotizzare che queste tendenze siano associate - almeno in parte - alla crescente introduzione della microelettronica nei processi produttivi e nei prodotti (Dosi, 1982: 236). L'altra faccia del progresso tecnico, associata al processo di crescita, concorre a determinare l'intensità della relazione Kaldor-Verdoorn. Inoltre, essa induce variazioni nel tempo della produttività indipendenti dai tassi di crescita.

Dosi sostiene che la crescita economica è: i) trainata dalle componenti autonome della domanda; ii) regolata dal tasso di progresso tecnico e dalla natura di quest'ultimo, attraverso gli aumenti di produttività, gli impulsi espansivi sulla domanda da parte sia delle innovazioni di prodotto sia della diminuzione del prezzo reale dei beni, della dinamica relativa della produttività e dei costi tra i vari paesi; iii) vincolata dalla bilancia estera.

Dosi afferma, inoltre, che a parità di politiche macroeconomiche il tasso di crescita sarà tanto più elevato quanto maggiore sarà il tasso di innovazione e/o imitazione ad esso associato, oppure, a parità di tassi di crescita, tanto più favorevole sarà la bilancia commerciale. In particolare, Dosi ha cercato di mostrare che il progresso tecnico è influenzabile dal lato dell'offerta. In tale caso, egli sostiene, politiche dell'innovazione *lato sensu* possono spostare favorevolmente i *trade-offs* impliciti nell'uso di altri strumenti macroeconomici.

5.3 Produttività e tecnologia

Una delle cause della crescita della produttività è il cambiamento tecnologico o progresso tecnico. Il meccanismo si articola nel seguente modo: il cambiamento tecnologico comporta delle efficienze nella produzione le quali a loro volta portano alla crescita della produttività.

² Ricordiamo che Kaldor negli anni sessanta formulò tre leggi (a volte se ne aggiunge una quarta) sulla relazione tra il settore manifatturiero e la crescita economica.

L'evoluzione imposta all'economia dalle nuove tecnologie non è il risultato di semplici vantaggi nel processo di stabilizzazione ma incorpora nuove innovazioni che sono sviluppate in una struttura che si integra con il sistema economico generale.

Si può guardare a questo processo più concretamente in termini tecnologici ed economici. Un cambiamento tecnologico può essere analizzato su due livelli:

- a) secondo la tesi schumpeteriana della diffusione delle invenzioni e/o delle innovazioni;
- b) secondo il paradigma tecno-economico.

Schumpeter (1950) distingue tra innovazioni ed invenzioni. Le invenzioni schumpeteriane risultano dai vantaggi nella conoscenza, al contrario le innovazioni risultano dagli sforzi che sono stati compiuti nella ricerca e sviluppo. Così le innovazioni per avere un impatto economico devono creare nuovi prodotti, nuovi processi, nuovi mercati e quindi richiedono elevati investimenti. Schumpeter afferma che tali innovazioni possono spostare ad uno stadio successivo della diffusione e portare, quindi, ad una crescita di lungo periodo. Durante lo stadio della diffusione bisogna distinguere fra innovazioni e cambiamenti ordinari che, semplicemente, migliorano i prodotti ed i processi esistenti. I miglioramenti nei processi includono cambiamenti incrementali che si verificano nei processi di produzione. È utile distinguere fra le innovazioni e i processi del cambiamento tecnologico. Non ci sono dubbi che il processo di crescita richiede innovazioni. Le singole innovazioni sono necessarie ma non sufficienti per il cambiamento tecnologico e la crescita economica.

Un paradigma tecno-economico emerge quando le innovazioni schumpeteriane si inseriscono in una struttura istituzionale in modo da diventare un processo self-propagating. Anche se, un paradigma tecno-economico è più ampio delle innovazioni radicali. Infatti, un cambiamento nel paradigma tecno-economico comprende grappoli di innovazioni radicali ed incrementali che abbracciano diversi *nuovi sistemi tecnologici*. Una volta che un nuovo paradigma tecno-economico è diventato stabile in tutta l'economia, può essere descritto come un nuovo regime. Dosi ha usato l'espressione di cambiamento dei paradigmi tecnologici, facendo confronti con l'approccio usato da Kuhn (1962) nelle rivoluzioni scientifiche e nei cambiamenti dei paradigmi nelle scienze di base. Il termine "rivoluzione" in questi tipi di innovazioni è usato anche da Abernathy e Clark (1985).

Le principali caratteristiche di una rivoluzione tecnologica possono essere così sintetizzate (Freeman e Soete, 1986):

- i) drastica riduzione nei costi di molti prodotti e servizi;
- ii) opportunità per una gamma interamente nuova di prodotti e servizi e per un notevole miglioramento delle caratteristiche tecniche di molti prodotti e processi produttivi;
- iii) accettazione politica e sociale;
- iv) integrazione ambientale.

Una volta che tale processo è iniziato, il suo effetto è di ridurre i costi di produzione dei processi e/o dei beni ed allargare i suoi mercati che promuovono un uso successivo in altre aree, e causano altre riduzioni di costi ed estensioni dei mercati. Questo processo va avanti fino a quando si diffonde nell'intero processo di produzione. In tale modo i vecchi metodi di produzione si riducono (oppure vengono eliminati) ed aumenta l'uso dei nuovi beni in tutti i processi.

Le tecnologie dell'informazione, in quanto soddisfano tutti e quattro i suddetti criteri, costituiscono l'affermazione di un nuovo paradigma tecno-economico e in questi termini rappresentano una rivoluzione tecnologica. Secondo questa visione il rapporto tra cambiamento economico e progresso tecnologico è di tipo dinamico (discontinuità nel cambiamento tecnologico) e produce effetti non semplicemente quantitativi (produttività), ma soprattutto qualitativi di ordine economico, sociale e istituzionale. Questo ci consente di affermare che la diminuzione dei prezzi, la pervasività nel suo uso, l'ampia diffusione e la struttura dei costi attribuiscono alle ICT un vantaggio sulle altre tecnologie per fare aumentare rapidamente la produttività.

6. La produttività nell'era delle ICT

Nell'analisi dei miglioramenti della produttività legati ad incrementi tecnologici si cerca di comprendere in che misura la crescita dell'output sia da attribuire ad aumenti dell'intensità di capitale (tecnologie *capital deepening*) oppure ad una maggiore formazione di capitale (*capital widening*). Il *capital deepening* indica una situazione dove il capitale per lavoratore è crescente, ed è crescente anche l'intensità di capitale. Il *capital deepening* è spesso misurato dallo stock di capitale per lavoratore in una situazione dove l'economia si espande e la produttività per lavoratore aumenta.

Il *capital widening* è un termine usato per descrivere la situazione dove lo stock di capitale cresce allo stesso tasso della forza lavoro, così il capitale per lavoratore rimane costante. L'economia si espanderà in termini di output aggregato, ma la produttività per lavoratore rimarrà costante.

Una vasta letteratura ha cercato di risolvere questo problema distinguendo l'intensità di capitale dal suo ampliamento, ossia il contributo dato dalle innovazioni tecnologiche e quello di nuovi investimenti in specifiche tecnologie. Nel caso specifico degli investimenti in ICT, nonostante oggi le statistiche riescano a mostrare gli incrementi della produttività, tale problema rimane ancora molto dibattuto.

Molti lavori sviluppati dagli anni settanta in poi hanno cercato di intravedere se esiste una relazione tra la crescita della produttività e gli investimenti in *Information and Communication Technology*.

I primi studi, che sono stati effettuati negli anni settanta e ottanta non hanno evidenziato alcuna relazione tra gli investimenti in ICT e l'aumento della produttività sia a livello aggregato sia a livello industriale sia di singole imprese (Loveman, 1994; Roach, 1991; Strassmann, 1990).

Così, negli anni ottanta la relazione tra l'*Information and Communication Technology* e produttività è diventato un tema molto dibattuto, soprattutto a causa delle difficoltà nello stimare l'effettivo contributo dell'*information technology* alla crescita della produttività.

Oltre al contributo che gli investimenti in ICT danno alla crescita della produttività si è cercato di stimare la relazione esistente tra l'aumento degli investimenti in nuove tecnologie e la crescita della produttività multifattoriale. Tuttavia, anche in questo caso, mentre alcuni lavori mostrano una correlazione negativa tra TFP (o MFP) ed un'elevata crescita del capitale *high-tech*, altri studi suggeriscono che il capitale in ICT contribuisce alla crescita più di ogni altro tipo di capitale (Jorgenson e Stiroh, 1995). Infatti, nello stesso periodo Hitt e Brynjolfsson (1994) riportano effetti positivi delle nuove tecnologie basati sulla crescita dell'output e sul surplus dei consumatori, mentre Landauer (1995) attenua l'enfasi dei risultati di alcuni lavori e documenta vari casi di "the trouble with computers".

A questo stadio, i vari lavori sembrano risultare inconsistenti nel misurare la *performance* delle nuove tecnologie, a causa delle metodologie e delle fonti dei dati.

Così la correlazione tra gli investimenti in ICT e la crescita della produttività è incerta e non consente di formulare alcun giudizio conclusivo. Vi sono, infatti, settori tra i servizi che hanno investito in ICT in misura elevata, la cui *performance* in termini di crescita della produttività è stata inferiore alla media, o anche negativa. Mentre altri settori hanno evidenziato una *performance* superiore alla media, pur avendo degli investimenti più ridotti: ciò potrebbe essere dovuto alle difficoltà di misurazione.

Questi risultati sono sostenuti dal paradosso della produttività di Robert Solow (1987), il quale afferma che l'era dei computer si può vedere in ogni luogo tranne che nelle statistiche della produttività. Tali risultati hanno fatto sì che nuovi lavori venissero compiuti sulla relazione tra ICT e produttività (Brynjolfsson, 1993; Brynjolfsson e Hitt, 1996; Lichtenberg, 1993; Oliner e Sichel, 2000; Jorgenson, 2001; Jorgenson e Stiroh, 2000a; Bosworth e Triplett, 2000).

A livello di impresa l'evidenza è più definita e conferma che le nuove tecnologie contribuiscono alla crescita della produttività. Più precisamente, la crescita della produttività è maggiore per quelle imprese che accompagnano gli investimenti in ICT con investimenti in strategie complementari e cambiamenti organizzativi ed è, invece, molto bassa per quelle imprese che investono solo in ICT (Colombo, 2001).

C'è da notare, però, che i lavori più recenti mostrano un impatto positivo e significativo di tali investimenti, oltre che a livello di imprese, anche a livello di paese, soprattutto per gli Stati Uniti. Questi lavori affermano che il boom economico e lo

slancio della produttività degli anni novanta è dovuto soprattutto ad elevati investimenti in ICT e alla crescita dell'utilizzo di Internet.

Il dibattito su ICT e produttività si concentra sul problema se le ICT possono portare l'economia a migliorare le performance di crescita di lungo periodo oppure se si tratta solo di un fenomeno temporaneo nel quale gran parte dell'accelerazione della produttività è dovuta al ciclo economico ed è concentrata in pochi settori dell'economia (Gordon, 2000).

Conclusioni

La fase di crescita economica registrata nell'ultimo decennio, soprattutto negli Stati Uniti, è stata ottenuta attraverso la combinazione di nuove tecnologie, globalizzazione, bassa inflazione e minore disoccupazione. Abbiamo fatto riferimento a questo fenomeno parlando di esso come di una nuova economia.

La *new economy* può essere interpretata come l'impatto delle nuove tecnologie sul sistema economico, sia a livello micro sia a livello macroeconomico. Come una conseguenza degli effetti di quell'insieme di innovazioni tecnologiche affermatesi negli ultimi venti anni che causano miglioramenti nella produttività, bassa inflazione, globalizzazione, cambiamento strutturale nel settore produttivo e nell'occupazione.

Usando le definizioni date da Salter (1960) e Pasinetti (1993) nella *New Economy* si possono ritrovare tutte le condizioni affinché si possa parlare di un cambiamento strutturale. Però, mentre in precedenza quando avveniva un cambiamento strutturale la crescita dell'output, della produttività e dell'occupazione erano fortemente correlate, oggi tale relazione è diventata più confusa. In alcune industrie le nuove tecnologie hanno aumentato la produttività ad un tasso molto elevato, ma senza un simile cambiamento per il lavoro. Infatti, le industrie che hanno manifestato un aumento dell'occupazione sono state le industrie tradizionali con una bassa crescita della produttività.

Negli ultimi anni le nuove tecnologie sono passate da un ruolo specializzato e limitato ai processi di informazione e comunicazione di determinate imprese a degli strumenti generali che possono essere ritrovati in ogni luogo dell'economia, anche se non con la stessa intensità.

In questo processo le ICT sono diventate parte integrante della ricerca e delle operazioni di progettazione, manifattura e produzione di servizi delle imprese e, in più, un mezzo essenziale per supportare il controllo e le decisioni prese all'interno delle imprese stesse. I cambiamenti attribuiti a queste tecnologie includono nuovi modelli di produzione e organizzazione del lavoro e nuove prospettive per la crescita economica.

È per tale motivo che spesso le ICT vengono viste come delle *General Purpose Technologies* (GPT). Infatti, di esse ne presentano tutte le caratteristiche: pervasività, dinamismo tecnologico e complementarità innovative. È importante ricordare che le GPT si espandono attraverso due fasi: la prima prevede lo sviluppo di inputs complementari mentre la seconda, dopo che sufficienti inputs complementari sono stati sviluppati vede i vecchi input essere sostituiti dalle nuove e più produttive *General Purpose Technologies*.

Come conseguenza si ha un aumento della crescita dell'output, dei salari reali e dei profitti. Queste due fasi sono chiaramente visibili nell'economia degli Stati Uniti. Infatti, a fronte del *productivity slowdown* negli anni settanta e ottanta, quando l'output aumenta più lentamente, negli anni novanta si assiste al *productivity revival*, che evidenzia un chiaro aumento sia della produttività del lavoro sia della produttività totale dei fattori.

Il fatto che le statistiche, nella prima metà degli anni novanta non abbiano evidenziato l'aumento della produttività, nonostante venissero effettuati elevati investimenti nelle nuove tecnologie ha fatto sì che sempre più ricerche venissero realizzate. L'interesse crescente sull'assenza di un evidente legame tra il progresso nelle tecnologie dell'informazione digitale e le *performance* di produttività dell'economia ha fatto pensare sempre più che le economie industriali si stavano confrontando con il "paradosso della produttività" (Solow, 1987).

Numerose spiegazioni sono state avanzate per tentare di giustificare tale paradosso. Tra le tante ricordiamo l'ipotesi di David (1990) il quale afferma che la diffusione di una nuova tecnologia e l'assorbimento dei benefici ad essa correlati richiede tempo affinché si possano osservare effetti positivi sulla produttività.

Capitolo 2

Il progresso tecnologico e le stime della produttività

SOMMARIO: Introduzione - 1 La funzione di produzione microeconomica - 2 La funzione aggregata di produzione - 2.1 Indici di produttività parziale dei fattori - 2.2 Indici di produttività totale dei fattori - 3 Gli studi effettuati sugli investimenti in ICT - 4 Perché analizzare le performance economiche a diversi livelli - 5 L'analisi di growth accounting svolta a livello macroeconomico - 6 L'evidenza degli investimenti ICT negli studi effettuati a livello internazionale - 7 L'evidenza degli investimenti ICT negli studi effettuati per i diversi paesi - 7.1 Altri studi a livello di paese - 7.2 Il contributo dell'uso del computer hardware alla crescita economica - 8 L'evidenza degli investimenti ICT negli studi effettuati a livello di industria - 8.1 Analisi parametriche svolte a livello di industria - 8.2 La produttività totale dei fattori a livello industriale - 9 L'evidenza degli investimenti ICT negli studi effettuati a livello di impresa - Conclusioni

Introduzione

Lo studio del progresso tecnologico e della sua relazione con la funzione di produzione non è nuovo nella letteratura, ed oggi è diventato un tema molto dibattuto a causa dell'avvento delle tecnologie dell'informazione e della telecomunicazione.

Per misurare gli effetti dei cambiamenti della tecnologia spesso si utilizzano gli indici di produttività parziale e totale. Nel primo caso si misura la produttività considerando un solo input: il capitale oppure il lavoro. Nel secondo caso si considerano tutti gli input utilizzati nel processo di produzione, esprimendo il rapporto tra l'output e la combinazione degli input. Quest'ultimo metodo consente di cogliere il contributo dato sia da ogni singolo input alla crescita della produttività sia dalla parte residuale non spiegata dall'utilizzo degli input ed attribuibile al miglioramento della tecnologia.

La produttività totale può essere misurata con la metodologia *growth accounting* che è in grado di calcolare la parte dell'aumento del prodotto per lavoratore, dovuto all'accumulazione di capitale produttivo generato dagli investimenti, e la parte dovuta alla crescita di efficienza produttiva, generata dalla crescita tecnologica e dall'innovazione. La differenza che esiste tra queste due fonti di crescita è che mentre l'accumulazione di capitale, se esistono rendimenti marginali decrescenti dei fattori produttivi, non può essere causa permanente di crescita perché un paese non può costantemente aumentare il proprio tasso di risparmio, di investimento o di istruzione; il miglioramento tecnologico e l'accrescimento dell'efficienza produttiva possono essere fonti permanenti di crescita.

Gli studi che analizzeremo hanno come scopo quello di misurare questi due effetti in relazione alle nuove tecnologie (ICT). L'effetto sarà studiato a livello sia macroeconomico sia microeconomico. In entrambi gli approcci noteremo che nei due decenni precedenti, la relazione esistente tra gli investimenti in ICT e la crescita economica era molto debole tanto da confrontarsi con il *productivity paradox*. Mentre dalla seconda metà degli anni novanta, grazie ad una maggiore diffusione delle nuove tecnologie ed al miglioramento delle rilevazioni statistiche, il paradosso della produttività sembra essere superato, almeno in alcuni paesi.

Il presente capitolo si compone nel seguente modo: all'inizio ci soffermeremo sulla funzione aggregata di produzione e sulle misure della produttività parziale e totale. Successivamente, analizzeremo i diversi studi effettuati per misurare il contributo che le nuove tecnologie hanno dato alla crescita della produttività a diversi livelli: micro e macroeconomico; sottolineando l'evoluzione avvenuta nei risultati dei lavori empirici che fino alla metà degli anni novanta non riuscivano a cogliere il legame fra l'aumento degli investimenti in ICT e la crescita economica.

1. La funzione di produzione microeconomica

Una funzione di produzione è costituita da una relazione tra il volume degli input ed il volume degli output. Posto, ad esempio, che i fattori della produzione siano soltanto il lavoro ed il capitale una funzione di produzione può scriversi come:

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

nella quale Q indica il volume di produzione e K e L sono rispettivamente gli input di capitale e lavoro. Una particolare funzione di produzione è la funzione di produzione Cobb-Douglas:

$$Q = AK^\alpha L^\beta$$

nella quale A è una costante moltiplicativa (fattore di dimensione), ed α e β rappresentano, rispettivamente, le elasticità della produzione nei confronti del lavoro e del capitale.

Tale funzione di produzione presenta alcune importanti proprietà:
essa è omogenea di grado $(\alpha + \beta)$;

Ciò può essere verificato osservando che sostituendo a K e L rispettivamente kK e kL la produzione diviene:

$$A(kK)^\alpha (kL)^\beta = k^{\alpha+\beta} (AK^\alpha L^\beta) = k^{\alpha+\beta} Q$$

Pertanto, la funzione è omogenea di grado $(\alpha + \beta)$.

nel caso particolare $(\alpha + \beta = 1)$ essa è linearmente omogenea; ed i rendimenti di scala saranno costanti e la funzione potrà essere scritta come: $Q = AK^\alpha L^{1-\alpha}$ i corrispondenti isoquanti hanno, per valori positivi di K e L, pendenze ovunque negative e sono strettamente convessi;

Ciò può essere verificato mediante i segni della derivata prima e seconda: $\frac{dK}{dL}$ e $\frac{d^2K}{dL^2}$, oppure delle derivate $\frac{dL}{dK}$ e $\frac{d^2L}{dK^2}$.

Nel caso in cui nella funzione di produzione sia $(\alpha + \beta) = 1$ la funzione può essere scritta come:

$$Q = AK^\alpha L^{1-\alpha} = A \left(\frac{K}{L} \right)^\alpha L = LA(K^*)^\alpha$$

Le produttività medie saranno quindi:

$$APP_L = \frac{Q}{L} = A(K^*)^\alpha \quad \text{e} \quad APP_K = \frac{Q}{K} = \frac{Q}{L} \frac{L}{K} = \frac{A(K^*)^\alpha}{K^*} = A(K^*)^{\alpha-1}$$

entrambe funzioni solo di K^* .

Inoltre, derivando $Q = AK^\alpha L^{1-\alpha}$ otteniamo le produttività marginali:

$$\frac{\partial Q}{\partial K} = A\alpha K^{\alpha-1} L^{1-\alpha} = A\alpha \left(\frac{K}{L} \right)^{\alpha-1} = A\alpha (K^*)^{\alpha-1}$$

$$\frac{\partial Q}{\partial L} = AK^\alpha (1-\alpha)L^{-\alpha} = A(1-\alpha) \left(\frac{K}{L} \right)^\alpha = A(1-\alpha)(K^*)^\alpha$$

funzioni, ancora, solo di K^* .

Il significato economico degli esponenti α e $(1-\alpha)$ nella funzione di produzione Cobb-Douglas linearmente omogenea è molto importante. Se si suppone che ciascun fattore produttivo venga pagato dal relativo prodotto marginale, allora la quota di prodotto totale imputabile al capitale è:

$$\frac{K(\delta Q / \delta K)}{Q} = \frac{KA\alpha(K/L)^{\alpha-1}}{LA(K/L)^\alpha} = \alpha$$

e analogamente quella imputabile al lavoro è:

$$\frac{L(\delta Q / \delta L)}{Q} = \frac{LA(1-\alpha)(K/L)^\alpha}{LA(K/L)^\alpha} = 1 - \alpha$$

Gli esponenti delle variabili dei fattori produttivi indicano quale porzione della produzione totale è dovuta a ciascuno di essi (Chang, 1987).

Inoltre, l'esponente di ciascuna variabile può essere interpretato come l'elasticità parziale della quantità prodotta rispetto al fattore produttivo corrispondente. È per tale motivo che la precedente espressione riferita al capitale equivale a $\left(\frac{\delta Q}{\delta K}\right) = \epsilon_{QK}$ mentre quella riferita al lavoro equivale a ϵ_{QL} .

Per dati valori di K e L la grandezza di A influenzerà proporzionalmente il livello di Q. La si può quindi considerare come un parametro di efficienza, cioè un indicatore del livello tecnologico.

Lo schema appena presentato è utile a livello microeconomico e con un' enfasi di breve periodo, quando è ragionevole poter pensare che l'output prodotto rimanga costante. Al contrario, nel lungo periodo viene ipotizzata una variazione di tutte le variabili (Link, 1987). Altri problemi sono stati sollevati per ottenere la funzione di produzione aggregata per un'analisi a livello macroeconomico.

2. La funzione aggregata di produzione

Le stime della produttività sono formulate in base all'ipotesi implicita che una funzione di produzione descriva accuratamente l'output massimo ottenibile da un dato insieme di input. La natura di questa relazione è chiaramente microeconomica. Le domande riguardo al suo significato nascono quando la stessa viene applicata a livello aggregato.

Per mostrare come l'utilizzo a livello macroeconomico della funzione di produzione non distorca i risultati presenteremo il modello illustrato da Nadiri (1970).

Consideriamo la seguente equazione:

$$Q = A(t)f(X) \quad (2.1)$$

Dove Q indica l'output, X un vettore di n input (x_1, \dots, x_n) ed $A(t)$ è un fattore di spostamento legato al tempo.

La precedente equazione può essere riscritta come una funzione di produzione multi-input e multi-output:

$$H(Q_1, \dots, Q_m; X_1, \dots, X_n; t) = H(\tilde{Q}; \tilde{X}; t) = 0$$

dove il simbolo $\tilde{\cdot}$ indica il vettore di ordine m degli output (Q) e quello di ordine n degli input (X). Se la funzione H è omotetica e debolmente separabile come definita da H^* , allora, per definizione, può essere riscritta nel seguente modo:

$$H(\tilde{Q}; \tilde{X}; t) = H^*(G^*(\tilde{Q}); F^*(\tilde{X}); t) = 0$$

e se la separabilità della funzione è additiva, allora:

$$G(\tilde{Q}) = F^*(\tilde{X}; t)$$

Infine, se al vettore multi-output si sostituisce un unico "output composto" Q , e se la tecnologia legata al tempo è non incorporata e neutrale nel senso di Hicks¹, allora avremo:

$$Q = A(t)f(X)$$

l'equazione da cui eravamo partiti.

Le ipotesi più discusse di tale funzione di produzione sono state la separabilità ed il parametro $A(t)$. Nel primo caso perché l'ipotesi di separabilità è "economicamente restrittiva in quanto molti processi di produzione... non esibiscono, in generale, l'indipendenza dei tassi di sostituzione di input e output lungo le frontiere dell'efficienza" (Sudit e Finger, 1981: 8).

Inoltre, il parametro $A(t)$ è una fonte potenziale di errori di misurazione. Esso riflette solo un aspetto degli effetti sulla produzione del cambiamento tecnologico. $A(t)$ è un fattore che non misura movimenti *lungo* la funzione di produzione ma ne causa il suo *spostamento*.

Inoltre, tra le critiche mosse al modello della funzione di produzione aggregata vi sono quelle che riguardano i problemi inerenti l'aggregazione di fattori eterogenei, in primo luogo il capitale. Tali problemi sono ritenuti tanto importanti da fare mettere in discussione l'ipotesi stessa dell'esistenza di una funzione di produzione aggregata in grado di riflettere le tecniche adottate a livello micro (Infante, 1992). Ricordiamo a tale proposito la controversia tra le due scuole di Cambridge sul problema di misurabilità del capitale. In particolare gli economisti della scuola inglese consideravano il capitale una grandezza eterogenea, e pertanto non misurabile. Da ciò ne è dipeso che la funzione di produzione neoclassica è valida solo nel caso, evidentemente irrealistico, in cui il sistema

¹ Hicks sosteneva che un'innovazione è definibile come labour-saving, capital-saving o neutral se, rispettivamente, fa aumentare, diminuire o lascia invariato il rapporto tra la produttività del capitale e quella del lavoro.

economico produca un solo bene, utilizzabile indifferentemente come bene di consumo oppure come bene di investimento.

Sulla base di tale dibattito le riserve circa l'impossibilità di stimare una funzione di produzione aggregata sono state così estese, più o meno esplicitamente, anche agli studi microeconomici (Infante, 1992: 9).

In ogni caso sostiene Nadiri "... the use of the aggregate production function gives reasonably good estimates of factor productivity is due mainly to the narrow range of movement of aggregate data, rather than the solid foundation of the function." (Nadiri, 1970: 1146).

Inoltre, la funzione di produzione aggregata emerge come conseguenza di un processo di crescita a vari livelli microeconomici e non è una determinante causale del processo di crescita di una economia.

2.1 *Indici di produttività parziale dei fattori*

Come accennato in precedenza, non esiste un unico modo per misurare la produttività o il suo tasso di crescita. Per fare ciò spesso si predilige l'uso della funzione di produzione che esprime il processo di trasformazione degli input in output. Da questo punto di vista la produttività è pensata come una misura del grado di efficienza espresso dal processo di trasformazione degli input in output.

I più importanti indici di produttività sono di produttività parziale, come la produttività del lavoro e del capitale; oppure di produttività totale. La forma dell'indice di produttività parziale è semplicemente il prodotto medio del lavoro o del capitale, mentre la produttività totale dei fattori, si riferisce al residuo o indice del "progresso tecnologico" definito come output combinato per unità di capitale e lavoro.

Infatti, gli indici di produttività totale vengono, solitamente, identificati con il concetto di "efficienza" e la loro interpretazione si basa su una nozione di "residuo", nel senso che all'aumento dell'efficienza viene attribuito tutto l'incremento del prodotto che non deriva da un aumento delle quantità impiegate dei fattori produttivi. Tuttavia, è importante ricordare che qualsiasi confronto degli indici di produttività nel tempo presuppone o che tutti gli input siano utilizzati efficientemente sulla frontiera di produzione oppure che il grado di inefficienza sia costante nel tempo.

Inoltre, poiché l'aumento dell'output che segue da un maggiore impiego dei fattori dipende dalla forma assunta a priori della funzione di produzione, anche la misurazione del residuo dipende da tale ipotesi.

Simbolicamente, avremo:

a) Indice di produttività parziale:

$$P_L = \frac{Y}{L} \quad e \quad P_K = \frac{Y}{K}$$

dove P_L e P_K indicano, rispettivamente, la produttività del lavoro e del capitale e Y , L e K rappresentano il livello di output, capitale e lavoro.

b) Indice di produttività totale:

$$A = \frac{Y}{(\alpha K + \beta L)} \quad \text{oppure} \quad A = \frac{Y}{K^\alpha L^\beta}$$

dove α e β indicano i pesi associati al lavoro ed al capitale.

I due indici di produttività totale che abbiamo indicato si riferiscono a due diverse funzioni di produzione, la prima additiva e la seconda moltiplicativa (Cobb-Douglas). "Nelle funzioni di produzione di tipo moltiplicativo (Cobb-Douglas, generalizzata di Leontief, translogaritmica omogenea e quadratica omogenea) le differenze riconducibili alla forma funzionale hanno un effetto trascurabile sulle misure di produttività globale, sulle quali avrebbero invece un'influenza più rilevante fattori di altro tipo come, ad esempio, gli errori di misura sulle variabili rilevanti o i problemi di aggregazione. ... La giustificazione intuitiva di un tale risultato è che le differenze nella forma delle funzioni si traducono in una diversa elasticità di sostituzione tra i fattori, che dipende dalla derivata seconda della funzione di produzione, mentre nel calcolo della produttività globale si è interessati alla derivata prima rispetto al tempo della funzione stessa" (Nomisma, 1987: 47).

Tra le funzioni di produzione di tipo moltiplicativo è importante ricordare la funzione di produzione ad elasticità costante (o funzione di produzione CES) che ha la seguente forma:

$$Y = A[\delta K^{-\rho} + (1-\delta)L^{-\rho}]^{-\frac{1}{\rho}}$$

con $A > 0$, $0 < \delta < 1$ e $\rho > -1$. Dove, K e L sono due fattori di produzione, e A , δ e ρ sono tre parametri. Il parametro A (il parametro di efficienza) gioca lo stesso ruolo del coefficiente A nella funzione Cobb-Douglas, e cioè un indicatore delle condizioni tecnologiche. Il parametro δ , così come a nella funzione Cobb-Douglas, riguarda le proporzioni dei fattori impiegati nella produzione. Il parametro ρ (il parametro di sostituzione) infine, che non ha corrispondenza nella funzione Cobb-Douglas, è quello che determina il valore dell'elasticità di sostituzione costante (Chang, 1974: 415).

Si può dimostrare che la precedente funzione di produzione presenta rendimenti di scala costanti. Tuttavia, forse l'aspetto più importante è che la funzione CES può assumere la forma di altre note funzioni di produzione a seconda dei valori assunti dal parametro ρ (Varian, 1987). In particolare,

per $\rho = 1$ si ottiene la funzione di produzione additiva:

$$Y = A[\delta K + (1 - \delta)L]$$

per $\rho = 0$ si ottiene la funzione di produzione Cobb-Douglas.

Più precisamente la funzione di produzione CES quando $\rho=0$ non è definita. Tuttavia, se calcoliamo il saggio tecnico di sostituzione (TRS) si può dimostrare che gli isoquanti della funzione CES tendono ad assumere la forma di quelli della funzione di produzione Cobb-Douglas quanto ρ tende a zero. Infatti,

$$TRS = -\left(\frac{K}{L}\right)^{\rho-1}$$

ed il limite della funzione per ρ che tende a zero sarà:

$$\lim_{\rho \rightarrow 0} -\left(\frac{K}{L}\right)^{\rho-1} = -\frac{L}{K}$$

che non è altro che il TRS della funzione di produzione Cobb-Douglas.

per $\rho = \infty$ si ottiene la funzione di produzione Leontief ($\rho = -\infty$). Abbiamo appena visto che il TRS della funzione di produzione CES è dato dall'equazione:

$$TRS = -\left(\frac{K}{L}\right)^{\rho-1}$$

che al tendere di ρ a $-\infty$ questa espressione tende a

$$\lim_{\rho \rightarrow -\infty} -\left(\frac{K}{L}\right)^{\rho-1} = -\left(\frac{L}{K}\right)^{\infty}$$

Se L è maggiore di K il TRS è zero; se L è minore di K il TRS è infinito. Ciò significa che al tendere di ρ a $-\infty$, un isoquante della CES tende ad assumere la forma di un isoquante associato ad una tecnologia Leontief.

È importante, a questo punto ricordare, che la differenza fra le due funzioni di produzione additiva e moltiplicativa è che mentre la prima ammette un'elasticità di sostituzione infinita tra gli inputs produttivi, quelle moltiplicative ammettono valori di poco superiori o inferiori all'unità. È per tale motivo che si è scelto di utilizzare tali misure.

Ritornando agli indici di produttività possiamo affermare che gli indici di produttività parziale sono molto utilizzati e, nonostante essi presentino numerosi

problemi, continuano ad essere utilizzati. Infatti, Christainsen e Haveman (1981) affermano che il quadro del cambiamento della produttività fornito dalle misure parziali non è molto diverso da quello ottenuto con misure più complete.

Link (1987) sintetizza alcuni limiti dell'indice della produttività del lavoro:

i) Per essere attendibili, le misure degli output e degli input devono essere coerenti, devono, cioè, riferirsi alla stessa attività di produzione. Questo si riferisce al fatto che quando utilizziamo una funzione di produzione aggregata essa si compone di tante funzioni di produzione a livello di impresa ed è, pertanto, necessario elaborare una misura composita significativa definendo il valore di misura di ogni output attraverso un indice di prezzo appropriato. Sono necessarie così delle correzioni, ad esempio, utilizzare le ore lavorate come input da lavoro al posto del numero degli occupati. Questo consente di eliminare la distorsione tra lavoratori *full-time* e *part-time*. Altre distorsioni possono essere generate dalla composizione della forza lavoro per età, sesso, qualifica, in quanto queste variabili sono differenti da settore a settore. Inoltre, nell'uso della produttività media del lavoro, utilizzata soprattutto per i confronti intertemporali, i cambiamenti della forza lavoro influenzano l'output misurato, ma non si riflettono allo stesso modo nell'indice Y/L a meno che essi non siano perfettamente correlati con il modo in cui è misurato il lavoro. Questo problema in genere viene superato aggiustando L per l'eterogeneità della forza lavoro, ad esempio, effettuando delle correzioni per il titolo di studio o per la qualifica.

ii) Il prodotto medio del lavoro è legato asimmetricamente ai movimenti ciclici dell'attività economica, e in questo modo potrebbe suggerire degli andamenti che non sono legati al progresso tecnico. Per esempio, Gordon (1979) sostiene che nell'ultima fase del ciclo le imprese trattengano più lavoratori di quanto sia giustificato dal futuro livello della produzione. Per effetto di tali aspettative distorte, Y/L diminuirà finché le imprese non aggiustano i loro modelli di assunzione della forza lavoro alle loro (corrette) aspettative circa la domanda futura.

iii) Infine, il limite, probabilmente più importante, è che il lavoro ed il capitale non sono l'unica fonte degli aumenti di produttività. Miglioramenti risparmiatori di lavoro che risultino da altri fattori della produzione sono considerati impropriamente come miglioramenti nella produttività del lavoro. In modo più specifico, se una tecnologia fosse incorporata nel capitale, la produttività Y/L potrebbe aumentare per effetto di una sostituzione del capitale con il lavoro, a parità di altre condizioni. Infatti, Craig e Harris (1973) dimostrano che le misure della produttività parziale non quantificano l'impatto della sostituzione di capitale e lavoro. Tuttavia, se il costo di una nuova tecnologia incorporata nel capitale uguagliasse il risparmio di costo dovuto al minore impiego dei lavoratori, allora i costi totali di produzione rimarrebbero invariati.

2.2 Indici di produttività totale dei fattori

Misurare la produttività totale significa esprimere il rapporto tra l'output e la combinazione di tutti gli input utilizzati.

Il modo in cui vengono collegati l'output (Y) e gli n input (x_1, \dots, x_n) indicati con X può essere sintetizzato nel seguente modo, così come indicato nell'equazione 1:

$$Y = A(t)f(X)$$

dove $A(t)$ è un fattore di spostamento legato al tempo, allora la produttività totale dei fattori (TFP²) può essere approssimata a:

$$TFP = A(t) = \frac{Y}{f(X)}$$

Come abbiamo visto in precedenza il denominatore dipende dal tipo di funzione di produzione adottata. In tale contesto, analizziamo in maniera più analitica il modello sviluppato da Robert Solow nel 1957. Solow fu il primo ad asserire esplicitamente l'esistenza di una funzione di produzione aggregata. Egli utilizzò una funzione di produzione Cobb-Douglas scritta in termini di capitale e lavoro, e caratterizzata da omogeneità lineare e da un cambiamento tecnologico non incorporato e neutrale³:

$$Y = A(t)K^\alpha L^\beta \quad (2.2)$$

dove α e β rappresentano le elasticità, rispettivamente, di capitale e lavoro. Le sue ipotesi sono: concorrenza perfetta e rendimenti di scala costanti ($\alpha + \beta = 1$)⁴.

Dall'equazione 2 notiamo che l'impatto del cambiamento tecnologico sulla produzione può essere approssimato ad un tasso di crescita residuo, meglio definito

² Il concetto di TFP fu introdotto per la prima volta da Tinbergen (1942) e Stigler (1947) e, successivamente, approfondito da Solow (1957).

³ Nella funzione di produzione Cobb-Douglas il cambiamento tecnologico è allo stesso tempo neutrale nel senso di Hicks, Harrod e Solow.

Stoneman (1983) mostra che se $A(t) = e^{\lambda t}$, dove λ è un parametro che riflette il tasso di cambiamento tecnologico non incorporato, avremo:

Progresso tecnico neutrale per Hicks: $Y = e^{-\lambda t} K^\alpha L^\beta = (Ke^{-\lambda t})^\alpha (Le^{-\lambda t})^\beta$; $\lambda = m$;
Progresso tecnico neutrale per Harrod: $Y = e^{-\lambda t} K^\alpha L^\beta = (Ke^{-\lambda t})^\alpha (Le^{-\lambda t})^\beta$; $\lambda = m(1 - \alpha)$;
Progresso tecnico neutrale per Solow: $Y = e^{-\lambda t} K^\alpha L^\beta = (Ke^{-\lambda t})^\alpha (Le^{-\lambda t})^\beta$; $\lambda = m\alpha$;

⁴ In seguito i rendimenti di scala costanti saranno indicati con le elasticità pari ad α ed $(1 - \alpha)$

come residuo di Solow. Prendendo i logaritmi naturali della precedente equazione otteniamo:

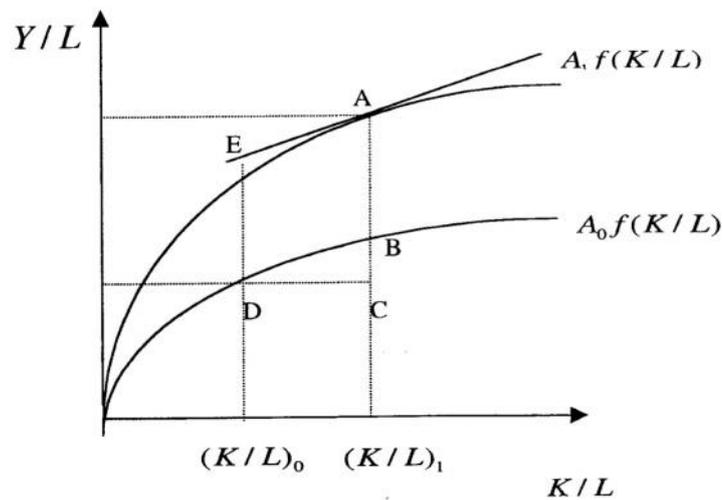
$$\ln Y = \ln A(t) + \alpha \ln K + \beta \ln L$$

Calcolando la derivata rispetto al tempo di entrambi i membri e riordinando i termini, avremo:

$$\frac{\dot{TFP}}{TFP} = \frac{\dot{A}(t)}{A(t)} = \frac{\dot{A}}{A} = \frac{\dot{Y}}{Y} - \alpha \frac{\dot{K}}{K} - \beta \frac{\dot{L}}{L}$$

dove \dot{A}/A rappresenta il cambiamento percentuale annuo dell'output che non viene spiegato dal cambiamento percentuale annuo degli input dei fattori. In altre parole, A assorbe tutti gli incrementi dell'output non spiegati dalla crescita degli input esplicitamente riconosciuti. Il puntino sopra ogni variabile indica la derivata rispetto al tempo. L'indicazione del tempo in $A(t)$ è stata tralasciata, come spesso accade, per semplicità.

Fig. 2.1: Il progresso tecnico e lo spostamento della funzione di produzione



fonte: Link, 1987:24

Nella figura 2.1 è rappresentato l'effetto del progresso tecnico sulla funzione di produzione. In essa notiamo che un miglioramento della tecnologia causa uno spostamento verso l'alto della funzione di produzione dal periodo 0 al periodo 1.

Lo spostamento avviene dal punto D al punto A ed è attribuibile, per il segmento DE, alla produttività totale dei fattori \dot{A}/A ed al cambiamento nell'intensità del capitale, approssimato dal segmento EA.

Come vedremo in seguito il residuo di Solow è stato molto utilizzato per stimare l'importanza degli investimenti tecnologici sulla produttività con il parametro \dot{TFP}/TFP , anche se l'indice non distingue tra un cambiamento tecnologico puro e cambiamenti nell'efficienza con cui le risorse vengono utilizzate.

3. Gli studi effettuati sugli investimenti in ICT

Per meglio capire come l'investimento in *Information and Communication Technology* abbia influenzato la produttività, molti economisti hanno compiuto diverse analisi a livello micro e macroeconomico. A tutti i livelli l'ipotesi che è stata esaminata è se l'investimento in *Information and Communication Technology* abbia un impatto positivo sulla crescita della produttività. I lavori che evidenziano questa correlazione, e ciò avviene soprattutto per i lavori che studiano l'economia statunitense, si muovono in due direzioni, con l'obiettivo di misurare:

- i) se le ICT sono un fattore importante della recente accelerazione della crescita della produttività;
- ii) se a tale crescita di produttività contribuiscano sia la produzione sia l'uso delle ICT.

Come si evince da quest'ultimo punto, un'importante distinzione è stata fatta tra settore *ICT-producing* e settore *ICT-using*. Il settore *ICT-producing* è quello che produce semiconduttori, computer, telecomunicazioni hardware oppure fornisce software e servizi che consentono a queste tecnologie di essere effettivamente utilizzate nelle diverse organizzazioni. Il settore *ICT-using* è quello che utilizza le tecnologie dell'informazione e della telecomunicazione come input per migliorare sia la loro efficienza sia l'efficacia. Esso, include il settore dei beni durevoli e non durevoli. Una domanda critica è se ci sono simili guadagni di produttività del lavoro e di *total factor productivity* fuori dall'industria *ICT-producing* e, in caso affermativo, se tali guadagni possono essere attribuiti agli investimenti nel capitale ICT.

In realtà, come abbiamo affermato in precedenza, Gordon (2000) sostiene che il contributo delle ICT all'accelerazione della produttività negli anni novanta si è manifestato soltanto attraverso un aumento dell'efficienza del settore *ICT-producing*.

La relazione tra ICT e la produttività delle imprese è complessa e dipende essenzialmente dalla natura di tali tecnologie e dal settore in cui vengono adottate.

Per quanto riguarda la natura di tali tecnologie Mariotti (1997) ne identifica le caratteristiche più importanti:

- i) Compressione nel tempo e nello spazio; le ICT accrescono la velocità di trasmissione delle informazioni; gli effetti principali sono una riduzione dei costi di coordinamento e controllo delle organizzazioni.
- ii) Codificazione della conoscenza; le ICT consentono di trasformare l'informazione strutturata in conoscenza.
- iii) Aumento della flessibilità; l'elevata flessibilità deriva dalla elevata capacità di trasmettere informazione in tempo reale e di assicurare intelligenza gestionale ai sistemi in cui essa viene inserita.
- iv) Aumento della componente immateriale del capitale; a differenza delle precedenti innovazioni che avevano la natura di *tangible-capital* le ICT accrescono il ruolo del capitale immateriale.
- v) Trasformazione delle grandi infrastrutture della società (innovazione di prodotto e di processo).

Per Mariotti la natura delle tecnologie ICT è tale da qualificare l'attuale progresso tecnologico in modo da definire un nuovo paradigma tecnologico che pervade l'organizzazione nella produzione e nella società.

Una concezione così vasta delle ICT comporta delle conseguenze sia a livello micro che macroeconomico.

Gli studi empirici si possono dividere, pertanto, in due filoni: uno macroeconomico, basato su dati aggregati per l'intera economia o a livello industriale, e l'altro microeconomico, basato sui dati delle singole imprese.

Nel primo caso l'analisi si concentra soprattutto su esercizi di contabilità della crescita (*growth accounting*). Il tasso di crescita della produttività media del lavoro viene scomposto in due parti: una dovuta all'aumento dello stock di capitale per lavoratore (*capital deepening*) e un'altra residuale dovuta al progresso tecnologico e organizzativo (produttività totale dei fattori o produttività multifattoriale). In tali lavori si studia la produttività focalizzandosi sul capitale inteso come impianti e macchinari usando le misure aggregate del capitale che includono le sue componenti non tradizionali, etichettate come ICT, e le tradizionali forme di capitale, etichettate come non-ICT. Di conseguenza, negli studi che noi analizzeremo il capitale viene distinto in queste due forme: capitale ICT e capitale non-ICT. Gli investimenti in ICT includono investimenti sia in computer (hardware e software) sia in telecomunicazioni.

La maggior parte dei lavori effettuati ha individuato nelle tecnologie digitali la causa prevalente dell'aumento della produttività (soprattutto dell'economia americana) dalla seconda metà degli anni novanta in poi, sia in misura diretta attraverso il settore *ICT-producing*, quindi mediante un aumento dell'efficienza realizzato nel settore che

produce tali tecnologie; sia attraverso il settore *ICT-using*, quindi mediante un guadagno di efficienza indotto in tutti gli altri settori produttivi dall'uso di tali tecnologie (Jorgenson e Stiroh, 2000a; Oliner e Sichel, 2000). Al contrario altri lavori attribuiscono al settore ICT solo l'effetto diretto dell'efficienza mentre non attribuiscono alcun effetto al settore *ICT-using*.

A livello microeconomico si mette in relazione l'aumento della produttività delle singole imprese con i cambiamenti organizzativi e gestionali e i conseguenti guadagni di efficienza derivanti dall'uso delle nuove tecnologie (Brynjolfsson e Hitt, 2000). Altri lavori sempre a livello microeconomico mettono in relazione gli effetti delle ICT sul salario e sulla selezione dei lavoratori.

I lavori compiuti a livello microeconomico sembrano essere più robusti probabilmente a causa della migliore qualità dei dati che si ha a tale livello. Al contrario, i lavori svolti a livello macroeconomico solo di recente riescono a manifestare una relazione positiva tra gli investimenti in ICT e la produttività e ciò fa sì che l'analisi delle serie storiche dei dati aggregati può fornire solo conferme indiziarie. Pertanto, solo uno studio microeconomico può dare, oltre che conferme dell'esistenza del fenomeno, evidenze sulle sue cause e concause (Rossi, 2003).

4. Perché analizzare le performance economiche a diversi livelli

Le *performance* economiche possono essere interpretate in una varietà di modi a ciascun livello di analisi. A livello di paese ci si riferisce alla crescita economica ed al benessere dei consumatori: la crescita economica viene identificata con il tasso di cambiamento dell'output reale o del Pil. A livello micro, "A more productive firm will either produce the same output with fewer inputs and thus experience a cost advantage, or produce higher-quality output with the same inputs, enabling a price premium". (Dedrick et al. 2003: 4).

I due livelli di performance sono interconnessi poiché abbiamo analizzato la funzione di produzione aggregata, il primo non è altro che il risultato dell'aggregazione delle performance delle singole imprese che compongono l'economia.

L'obiettivo della nostra analisi è quello di verificare il contributo specifico delle nuove tecnologie ai diversi livelli di analisi. Quest'ultimo può essere suddiviso in tre effetti:

i) "effetto produzione": le imprese in cui queste tecnologie si producono tendono ad essere più efficienti delle imprese dei settori tradizionali, innalzando la produttività media del sistema;

ii) “effetto utilizzo”: le imprese dei settori tradizionali, per dotarsi delle nuove tecnologie, accrescono lo stock di capitale per lavoratore - *capital deepening* - questo implica un aumento del prodotto per lavoratore;

iii) “effetto produttività multifattoriale” o produttività totale dei fattori (TFP): l'adozione delle nuove tecnologie migliora l'organizzazione della produzione e questo può fare aumentare l'output senza l'aggiunta di ulteriori investimenti in input. Un aumento della TFP significa che, per un dato livello di input ed una qualità fissata, un'economia ottiene sempre più elevati livelli di output. È per tale motivo che la TFP è considerata molto importante, in quanto, riflette i guadagni strutturali che sono permanenti.

I payoff degli investimenti in ICT dipendono molto da fattori complementari che a livello di imprese si riferiscono all'organizzazione ed alle pratiche del management (Brynjolfsson, 1993; Brynjolfsson et al., 2000); a livello di industria questo include l'organizzazione industriale (Melville, 2001) ed a livello di economia aggregata includono la struttura economica, le politiche governative, e gli investimenti in capitale umano (Dewan e Kraemer, 2000). È la complementarità di questi fattori che è capace di spiegare il rendimento degli investimenti nelle nuove tecnologie.

Anche a livello macroeconomico le ICT possono aumentare la produttività del settore o del sistema economico sia attraverso l'effetto di produzione sia mediante il *capital deepening*, sia attraverso la crescita della TFP. Di conseguenza, i risultati possono essere sostanzialmente differenti in diversi settori industriali e nelle diverse economie.

Una differenza importante tra il capitale ICT e le altre forme di capitale è dovuta al duplice ruolo che le ICT possono giocare in un'impresa. Da una parte le ICT come altri tipi di capitale possono essere usate direttamente come tecnologie della produzione per migliorare la produttività del lavoro. Dall'altra parte, molti economisti sostengono che l'aspetto più importante delle ICT è rappresentato dalla tecnologia per il coordinamento (Bresnahan, 1999; Gurbaxani e Whang, 1991; Malone et al., 1991), ed in tale caso, estrinsecano i loro effetti anche in maniera indiretta. In questa letteratura le ICT sono viste come delle tecnologie che hanno un impatto significativo nelle attività di coordinamento economico tra le organizzazioni. In tale senso, il valore essenziale delle ICT è che esse sono capaci di fondamentali cambiamenti nei processi aziendali e nelle strutture organizzative che possono aumentare la produttività totale dei fattori.

5. L'analisi di Growth Accounting svolta a livello macroeconomico

Esistono due diversi modi di misurare l'impatto delle nuove tecnologie: la prima, più utilizzata a livello macroeconomico, si riferisce ad un modello non parametrico che

utilizza le tecniche di *growth accounting*. Il secondo metodo, più utilizzato a livello microeconomico, consiste nel misurare in modo parametrico la relazione causale fra le nuove tecnologie e la crescita economica utilizzando tecniche econometriche più sofisticate. In tale paragrafo ci soffermeremo sulla prima metodologia.

La metodologia *growth accounting* coglie soltanto le fonti immediate di crescita dell'output, cioè l'accumulazione del capitale e del lavoro e la produttività totale dei fattori. Questa struttura non tiene conto dei miglioramenti tecnologici dovuti al fatto che le imprese tradizionali per dotarsi delle nuove tecnologie sostituiscono o aumentano lo stock di capitale favorendone l'accumulazione. In questo senso, la struttura neoclassica provvede ad una spiegazione ragionieristica della crescita. La contabilità della crescita non riesce a spiegare in maniera soddisfacente perché negli anni settanta ci sia stata una riduzione della crescita (*slowdown*) attribuita, soprattutto, alla decelerazione della produttività totale dei fattori (Oliner e Sichel, 2000). Infatti, le stime *growth accounting* nulla dicono sul fatto che un certo aumento rilevato della TFP sia a sua volta causato dall'uso delle nuove tecnologie e non, piuttosto, dal favore del ciclo.

Tra i principali autori che utilizzano tale metodologia ricordiamo Gordon (2000, 2002), Oliner e Sichel (2000), Jorgenson e Stiroh (2000a, 2000b).

Il modello di *growth accounting*, utilizzato da tali autori, può essere sintetizzato nel seguente modo:

$$\dot{Y} = \alpha_c \dot{K}_c + \alpha_{sw} \dot{K}_{sw} + \alpha_m \dot{K}_m + \alpha_o \dot{K}_o + \alpha_L (\dot{L} + \dot{q}) + \dot{MFP} \quad (2.3)$$

dove:

Y = output

K_c = computer hardware

K_{sw} = computer software

K_m = communication equipment

K_o = other capital

L = ore di lavoro

q = qualità del lavoro

MFP = multifactor productivity

Il puntino sopra ogni variabile indica che queste ultime sono espresse in tassi di crescita calcolati come *log-difference*⁵. Otteniamo, così, che il tasso di crescita dell'output è uguale alla somma del tasso di crescita della produttività multifattoriale e del contributo del capitale e del lavoro moltiplicato per le rispettive elasticità (α).

⁵ Il tasso di crescita è calcolato come differenza nei logaritmi: $\dot{Y} = \ln\left(\frac{Y}{Y_{t-1}}\right)$

La stima dell'equazione 2.3, effettuata con la metodologia *growth accounting*, ha come obiettivo quello di misurare il contributo dell'*Information and Communication Technology* alla crescita economica. In modo più analitico, tale modello calcola il contributo della crescita dell'output su cinque diversi input: computer hardware, computer software, *communication equipment*, altro capitale e ore di lavoro. Il tasso di crescita di ciascun input (espresso in termini logaritmici) è pesato per le relative elasticità che, assumendo rendimenti di scala costanti, si sommano ad uno. Inoltre, gli autori calcolano il contributo della qualità del lavoro, che riflette i cambiamenti nell'esperienza, genere ed istruzione nel tempo della forza lavoro. La parte di crescita dell'output non attribuibile a questi cinque input o alla qualità del lavoro è definita produttività multifattoriale residua. Quest'ultima rappresenta un parametro *catch-all* per i miglioramenti tecnologici che fanno crescere l'output per un dato ammontare di input. In questo approccio il contributo alla crescita dell'uso del capitale ICT eguaglia la somma dei contributi del computer hardware, software e *communication equipment*. Al contrario, il contributo dei guadagni di efficienza relativi alla produzione dei computer è sintetizzato nella produttività multifattoriale residua.

Il precedente modello può essere riformulato in termini di crescita della produttività del lavoro. Per derivare questa seconda scomposizione basta sottrarre il tasso di crescita dell'input di lavoro a livello aggregato dal tasso di crescita dell'output e dal tasso di crescita degli altri input. Avremo così:

$$\dot{Y} - \dot{L} = \left[\alpha_c (\dot{K}_c - \dot{L}) + \alpha_{sw} (\dot{K}_{sw} - \dot{L}) + \alpha_m (\dot{K}_m - \dot{L}) + \alpha_o (\dot{K}_o - \dot{L}) \right] + \alpha_L \dot{q} + \dot{MFP} \quad (2.4)$$

Quest'ultima equazione rappresenta la forma dell'equazione originale di *growth accounting*. Nella risultante scomposizione la crescita della produttività del lavoro riflette l'aumento dell'ammontare del capitale per lavoratore oppure per ora lavorata – riferito al *capital deepening* – suddiviso in *hardware*, *software* e *communication equipment*, la crescita della qualità del lavoro e della *multifactor productivity*.

Il problema più rilevante, quando si utilizza l'approccio della contabilità della crescita, è la difficoltà a fare delle ipotesi sulle elasticità (rendimenti) dei diversi fattori utilizzati. Poiché tali elasticità non sono osservabili si ricorre a proxy, stimate in modo diverso.

Oliner e Sichel (2000), ad esempio, stimano tali elasticità con il metodo usato dal Bureau of Labour Statistics.

Nella struttura del BLS l'elasticità dei computers in un dato anno è calcolata come:

$$\alpha_c = \frac{[r + \delta_c - \pi_c] p_c K_c T_c}{pY}$$

dove r è una misura del tasso netto reale di rendimento comune a tutti i tipi di capitale, pY è il Pil nominale, e tutti gli altri termini sono specifici per i computers: δ_c indica il tasso di deprezzamento, π_c indica il reddito di capitale, $p_c K_c$ è lo stock di capitale nominale, e T_c rappresenta una varietà di termini di tassazione. Si noti che π_c rappresenta il tasso di variazione del prezzo dei personal computer relativamente all'inflazione dell'output totale dell'intera economia con esclusione dell'agricoltura, pertanto esso misura la variazione reale nei prezzi dei personal computer, coerente con l'uso del rendimento reale (r) nell'equazione. Alternativamente, r e π_c potrebbero essere specificati entrambi in termini nominali.

In altri casi alfa viene stimata come rapporto tra il rapporto tra il costo d'uso del capitale e la produzione espressa a valori correnti: $\alpha = \frac{cK}{pY}$.

6. L'evidenza degli investimenti ICT negli studi effettuati a livello internazionale

Confrontare l'output e la produttività tra i paesi è molto difficile, soprattutto a causa delle differenze esistenti tra le diverse economie. Infatti, dall'osservazione dei dati pubblicati dal BLS (2001), relativi ad alcune economie avanzate (Francia, Germania, Italia, Giappone, Regno Unito e Stati Uniti), emerge che tutti i paesi considerati hanno sperimentato tassi di crescita positivi della produttività, anche se si osserva una significativa eterogeneità.

I lavori che si prefiggono lo scopo di misurare il contributo dell'*Information and Communication Technology* alla crescita economica disaggregano il capitale in ICT e non-ICT, considerando così gli investimenti in ICT come un input separato (Schreyer, 2000; European Commission, 2000; Sachs, 2000; Daveri, 2001; Roeger, 2001).

Saito (2001) mostra un confronto tra i maggiori paesi industrializzati. La sua analisi evidenzia come in molti paesi il tasso di crescita del Pil sia diminuito e la produttività del lavoro sia rimasta uguale negli anni novanta rispetto agli anni ottanta. Anche se qualche paese, come Scandinavia, Svezia, Norvegia, Finlandia e i paesi English-speaking come l'Australia e il Canada, negli anni novanta hanno avuto un'accelerazione della crescita del Pil. Nei paesi scandinavi, l'aumento di efficienza dell'industria ICT contribuisce alla crescita della produttività del lavoro dell'intera economia. Anche per i paesi English-speaking, l'accumulazione dello stock ICT (*ICT-capital deepening*) contribuisce in maniera sostanziale alla crescita della produttività del lavoro. Infatti, l'investimento in ICT ha avuto un effetto positivo sulla crescita della TFP in questi paesi. In Giappone, l'industria ICT è relativamente ampia ma l'accumulazione dello stock di ICT è molto più basso rispetto ai paesi English-speaking.

Schreyer e Colecchia (2001) e van Ark (2002) mostrano che le ICT sono state un'area di investimento molto dinamica a causa del declino dei prezzi di tali tecnologie che ne hanno incoraggiato il loro utilizzo. L'investimento in ICT è stato rapido in molti paesi OECD; tuttavia, la velocità dell'investimento ed il suo impatto sulla crescita differisce considerevolmente tra i diversi paesi.

Van Ark et al. (2002) e Gust e Marquez (2002) affermano che la crescita della TFP e della produttività del lavoro decelera nella seconda metà degli anni novanta nell'intera Unione Europea e in Giappone.

Gust e Marquez analizzano 13 paesi industrializzati per il periodo 1993-2000, i loro risultati mostrano una positiva accelerazione della TFP per USA, Finlandia, Svezia, Australia e Canada. L'equazione che Gust e Marquez (2002) stimano per valutare l'importanza del settore ICT può essere sintetizzata nel seguente modo:

$$\hat{\pi}_{it} = \alpha_i + \alpha_1 ITP_{i,t-2} + \alpha_2 IT_{i,t-1} + \alpha_3 \hat{LP}_{i,t-1} + \alpha_4 X_{i,t-1} + u_{it}$$

dove

$i=1,2,\dots,13$: i paesi analizzati;

$t=1993,1994,\dots,2000$; gli anni analizzati;

ITP , è la parte di Pil relativo alla produzione IT;

IT , indica il rapporto tra le spese IT ed il Pil;

LP , è la variazione del rapporto fra l'occupazione e la popolazione in età lavorativa;

X , è un'altra variabile di controllo;

α_i , cattura le differenze sistematiche tra i paesi che possono influenzare la crescita della produttività del lavoro.

La precedente equazione è stata stimata con il metodo dei minimi quadrati ordinari. I risultati indicano che un aumento delle spese e della produzione del settore IT ha effetti positivi e significativi sulla crescita della produttività e che il settore IT è molto importante per aiutarci a spiegare le differenze cross-country nella crescita della produttività degli anni novanta.

Successivamente, Gust e Marquez (2002) inseriscono nel modello altre variabili di controllo quali ad esempio gli anni di istruzione, ed i risultati non differiscono in maniera significativa da quelli ottenuti in precedenza.

Al contrario, Basu et al. (2003) confrontano gli Stati Uniti e il Regno Unito e notano che negli Stati Uniti le migliori *performance* macroeconomiche sono dovute all'aumento della produttività, mentre nel Regno Unito sia la produttività del lavoro che quella multifattoriale decelerano la crescita.

Nella tabella 2.1 sono sintetizzati i risultati ottenuti da alcuni dei principali lavori che effettuano un confronto internazionale. In essa notiamo il differente contributo che il capitale ICT fornisce alla crescita economica dei diversi paesi. Ad esempio, il lavoro di Schreyer e Colecchia (2001) analizza due periodi: il 1990-95 e il 1995-2000. Per

misurare il contributo delle ICT alla crescita dell'output, gli autori partono dalla formulazione di una funzione di produzione dove l'input di capitale è diviso in capitale ICT (R1) e capitale non-ICT (R2), inoltre il capitale ICT è distinto in tre diverse componenti: hardware, software e communication equipment. Il tasso di crescita, ad esempio del capitale ICT, viene calcolato con un indice di Tornqvist, il quale può essere sintetizzato nel seguente modo:

$$\sum_i^{R1} 0.5(v_{K,t}^i + v_{K,t-1}^i) \Delta \ln K_t^i$$

dove:

$$v_{K,t}^i \equiv u_t^i K_t^i / P_t Q_t$$

cioè l'elasticità del capitale ICT.

In questi ultimi risultati notiamo che il contributo delle ICT alla crescita economica non aumenta per tutti i paesi considerati. Ad esempio, in Canada passa da una percentuale di 16,7 ad una di 13,6 nel 1995-00. Lo stesso avviene per la Francia dove la percentuale varia da 18,0 a 12,5. Una caduta maggiore si registra nella Finlandia che passa dal 34,3% all'11,1%. Per quanto riguarda gli Stati Uniti essi presentano il contributo più elevato, rispetto agli altri paesi, alla crescita economica ed anche una percentuale di investimenti maggiore.

Schreyer (2000) analizza i paesi del G-7 e trova che l'investimento in ICT ha avuto un contributo positivo sulla produttività e sulla crescita economica in tutti i paesi durante il periodo 1990-1996. Anche Daveri (2001) ha ottenuto gli stessi risultati per 18 Paesi dell'OECD.

Due altri lavori (Dewan e Kraemer: 1998, 2000; Pohjola, 2001) giungono agli stessi risultati. Dewan e Kraemer (2000) stimano una funzione di produzione con capitale ICT e fattori non-ICT come input. Per i paesi sviluppati essi trovano un'elasticità dell'output degli investimenti in ICT dello 0,0057 mentre l'elasticità del capitale non-ICT è 0,16. Moltiplicando quest'ultimo con il tasso medio di crescita cumulativo del capitale, il capitale ICT contribuisce con 1,58 punti percentuali al tasso di crescita dell'intera economia.

Dewan e Kraemer (2000) e Pohjola (2001) studiano, inoltre, i paesi in via di sviluppo ed entrambi non trovano alcuna evidenza per tali paesi della relazione tra ICT e crescita economica. Dewan e Kraemer ipotizzano che il gap sia dovuto ai bassi livelli dell'investimento ICT sul Pil dei paesi in via di sviluppo.

Questi risultati sembrano evidenziare le difficoltà che si incontrano nel misurare il contributo degli investimenti ICT alla crescita. Un'accurata stima degli investimenti in ICT richiede un'accurata misura degli input e output nel processo di produzione di imprese e industrie. Soprattutto nel settore dei servizi dove misurare l'output è

notoriamente più difficile a causa dell'intangibilità dei prodotti e delle differenze nella qualità e varietà dei beni (Bosworth e Triplett, 2000). Il problema è che bisognerebbe misurare accuratamente il prezzo dell'output in modo da rispecchiare la qualità che, sostanzialmente, non è misurabile.

Tab. 2.1: Comparazione internazionale sul contributo del capitale ICT alla crescita economica

<i>Autore(i), anno</i>	<i>Paese</i>	<i>Contr. delle ICT alla cresc. econ.</i> 1990-96	<i>%</i>	<i>Risultati</i>	<i>%</i>
Schreyer, 2000	Canada	0,28 out of 1,7	16,5		
	Francia	0,17 out of 0,9	18,9		
	Germania	0,19 out of 1,8	10,6		
	Italia	0,21 out of 1,2	17,5		
	Giappone	0,19 out of 1,8	10,6		
	UK	0,28 out of 2,1	13,3		
	US	0,42 out of 3,0	14,0		
Daveri, 2001	Irlanda	0,51 out of 6,9	9,3		
	Danimarca	0,52 out of 2,9	17,9		
	Paesi Bassi	0,68 out of 2,8	24,3		
	UK	0,76 out of 2,7	28,1		
	Portogallo	0,43 out of 2,5	17,2		
	Austria	0,45 out of 2,3	19,6		
	Spagna	0,36 out of 2,3	15,7		
	Grecia	0,34 out of 2,3	14,8		
	Finlandia	0,45 out of 2,1	21,4		
	Belgio	0,48 out of 1,9	25,3		
	Svezia	0,50 out of 1,9	26,3		
	Germania	0,49 out of 1,7	28,8		
	Francia	0,41 out of 1,6	25,6		
	Italia	0,31 out of 1,4	22,1		
ECB, 2001		1991-95		1996-99	
	Euroland	0,22 out of 1,5	14,7	0,42 out of 1,9	22,1
Schreyer e Colecchia, 2001		1990-95		1995-00	
	Australia	0,48 out of 3,4	14,1	0,68 out of 4,6	14,8
	Canada	0,30 out of 1,8	16,7	0,57 out of 4,2	13,6
	Finlandia	0,24 out of 0,7	34,3	0,62 out of 5,6	11,1
	Francia	0,18 out of 1,0	18,0	0,35 out of 2,8	12,5
	Germania	0,30 out of 2,2	13,6	0,38 out of 2,1	18,1
	Italia	0,21 out of 1,4	15,0	0,36 out of 1,9	18,9
	Giappone	0,31 out of 1,3	23,8	0,38 out of 1,1	34,5
	UK	0,27 out of 2,1	12,9	0,48 out of 3,6	13,3
US	0,97 out of 2,6	37,3	1,71 out of 4,4	38,9	

7. L'evidenza degli investimenti ICT negli studi effettuati per i diversi paesi

A livello aggregato la crescita economica può risultare dai maggiori livelli di input (lavoro e capitale), dai miglioramenti nella qualità degli input e da maggiori livelli di efficienza nella combinazione degli input nel processo di produzione. L'efficienza con la quale i fattori di produzione sono combinati può aumentare a causa di miglioramenti dei processi di produzione così come pratiche manageriali, organizzative oppure di modi innovativi per produrre beni e servizi. È per tale motivo che il contributo degli investimenti in nuove tecnologie alla crescita della produttività del lavoro è misurato sia mediante il *capital deepening* (aumento del capitale disponibile per occupato) sia attraverso la crescita della produttività totale dei fattori.

Come abbiamo affermato precedentemente i primi studi condotti negli anni ottanta, oppure nei primi anni novanta, hanno concluso che il contributo dell'*Information Technology* alla crescita della produttività del lavoro e, quindi, alla crescita economica è stato molto piccolo oppure inesistente (Roach: 1987, 1989, 1991; Oliner e Sichel, 1994; Jorgenson e Stiroh, 1995). Una spiegazione per questa conclusione è che l'investimento in ICT ha costituito un capitale che rimane, ancora, una quota troppo piccola dello stock di capitale totale per mostrare sostanziali effetti economici (Sichel, 1997). Infatti, Oliner e Sichel (1994, 1997) e Jorgenson e Stiroh (1999) trovano che i computer non hanno dato un contributo significativo alla crescita della produttività aggregata in quanto costituiscono solo una piccola parte dell'input di capitale. Al contrario, Siegel (1997) afferma che, anche se gli investimenti in computer hanno un elevato tasso di rendimento, l'impatto aggregato è piccolo.

Whelan (2002), a differenza dei lavori già presentati, afferma che il contributo dato dal capitale alla crescita economica differisce a seconda che si ricostruisca lo stock di capitale con il metodo del *capital vintage* di Solow oppure con il modello dell'obsolescenza tecnologica.

Whelan misura lo stock di capitale usando il modello del *capital vintage* di Solow (1959), pesando il valore passato degli investimenti reali secondo lo schema del deprezzamento economico. Un modello alternativo al *capital vintage* è presentato sempre da Whelan per spiegare il deprezzamento dei computer sulla base dell'obsolescenza tecnologica. Whelan utilizza questi due metodi poiché i due tassi di deprezzamento (economico e tecnologico) spesso divergono tra di loro e possono condurre a risultati diversi.

Tuttavia, in entrambi i modelli la produttività marginale del capitale diminuisce all'aumentare dell'età dello stesso ad un tasso γ . Cioè:

$$r_v(t) = r_t(t)e^{-\gamma(t-v)}$$

Comunque, dividendo per $e^{\gamma t}$ significa che in termini di aggiustamento della qualità, la produttività marginale del capitale eguaglia $\bar{r}(t) = r_t(t)e^{-\gamma t}$ per tutte le unità. Come abbiamo affermato, la formula di $r_t(t)$ differisce nei due modelli. Infatti, nel modello vintage di Solow si ha:

$$r_t(t) = (r + \delta + \gamma - g)e^{\delta t}$$

Se $q(t) = e^{(g-\gamma)t}$ è l'aggiustamento della qualità dell'indice dei prezzi dei computer, $\bar{r}(t)$ è il costo d'uso:

$$\bar{r}(t) = q_t(t) \left(r + \delta - \frac{\dot{q}_t(t)}{q_t(t)} \right)$$

Al contrario, per il modello dell'obsolescenza tecnologica la formula corrispondente è:

$$\bar{r}(t) = q_t(t) \left[\left(r + \delta - \frac{\dot{q}_t(t)}{q_t(t)} \right) + s \left(1 - \frac{1 - e^{-(r+\delta)T}}{r + \delta} \frac{\dot{q}_t(t)}{q_t(t)} \right) \right]$$

Quest'ultima formula mostra che la produttività marginale del capitale è più alta per compensare sia il pagamento dei costi di riparazione sia i ritiri.

Whelan (2002) mostra, inoltre, che se la stima di $\bar{r}(t)$ sotto le assunzioni del modello vintage di Solow fosse corretta i risultati sarebbero molto simili alla stima effettuata con il modello dell'obsolescenza. La ragione è che i due modelli presentano stime molto differenti di δ . Il modello di obsolescenza è compatibile con valori piuttosto bassi, mentre il modello vintage è compatibile con valori piuttosto elevati di δ .

Tuttavia, a causa degli elevati tassi di deprezzamento economico, entrambi i modelli confermano l'elevata produttività marginale degli investimenti in computer.

Anche altri autori, quali ad esempio Jorgenson e Stiroh (2000) arrivano a tale conclusione da due punti di vista differenti: il modello di obsolescenza afferma che le imprese devono essere compensate per supportare i costi ed il successivo ritiro, il modello di Solow afferma che le imprese hanno bisogno di essere compensate per gli elevati tassi di invecchiamento del capitale fisico.

Sia Whelan sia gli altri autori, riportati nella tabella, affermano che lo stock del capitale in ICT, comunque misurato, è diventato negli anni recenti una parte importante del capitale.

Un'altra causa dell'elevato incremento dell'adozione delle ICT è stato, come più volte affermato, il rapido declino dei prezzi dei computer negli anni novanta (Jorgenson, 2001). Chiaramente alla diminuzione del prezzo è subito seguito un aumento della

domanda. L'aumento degli investimenti ha reso possibile l'aumento dello stock di capitale e così gli studi più recenti hanno trovato che l'investimento in capitale ICT ha avuto un impatto maggiore sulla produttività del lavoro e sulla crescita economica a livello di paese. Infatti, Oliner e Sichel (2000), Jorgenson (2001), Jorgenson e Stiroh (2000), Council of Economic Advisers (2001) hanno affermato che il recente aumento della produttività e della crescita del Pil è dovuto, soprattutto, all'impatto degli investimenti in ICT.

La tabella 2.2 sintetizza i principali lavori effettuati sulla scomposizione del contributo dell'IT all'accelerazione della crescita economica registrata negli Stati Uniti tra i due periodi. In essa notiamo che Oliner e Sichel (2000) trovano che il contributo dell'IT alla crescita della produttività avvenuta durante il periodo 1996-99 rispetto al periodo 1990-95 è di circa il 67%. Jorgenson e Stiroh (2000) hanno confrontato il 1990-95 e il 1996-98, ed hanno stimato che il contributo delle ICT sull'accelerazione della crescita della produttività è di circa il 50%. Whelan (2002) studia un periodo più lungo, il 1974-95 ed il 1996-98 ma i risultati che egli ottiene sono simili. Infatti, il contributo delle ICT è pari al 70%. Un periodo simile è stimato anche dal CEA che trova un contributo del 50%. Da tale analisi possiamo affermare che Oliner e Sichel (2000), Jorgenson e Stiroh (2000), Whelan (2002) e Council of Economic Advisers (2000) sono concordi nell'affermare che gli investimenti in ICT mediante il *capital deepening* contribuiscono per circa mezzo punto percentuale alla crescita della produttività del lavoro, nella seconda metà degli anni novanta, e contribuiscono in misura più modesta nel periodo precedente. Il lavoro di Gordon non riporta tale dato.

Tab. 2.2: Confronto tra i principali risultati sulla crescita economica negli USA

	Jorgenson e Stiroh, 2000 90-95 to 96-98	Oliner e Sichel, 2000 90-95 to 96-99	Whelan, 2002 74-95 to 96-98	CEA, 2000 73-95 to 96-99	Gordon, 2000 72-95 to 96-99
Accelerazione nella crescita della produttività del lavoro	1.0	1.1	1.0	1.5	0.8
Capital Deepening	0.5	0.5	n.a.	0.5	0.3
IT-Sector	0.3	0.5	0.5	0.5	n.a.
Non-IT Sector	0.2	0.0	n.a.	0.0	n.a.
Qualità del lavoro	-0.1	-0.1	n.a.	0.1	0.1
TFP	0.6	0.7	n.a.	0.9	0.3
IT-Sector	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3
Non-IT Sector	0.4	0.4	n.a.	0.7	0.0
Contr. dell'IT all'accelerazione della crescita della prod.	0.5	0.8	0.7	0.7	n.a.
% dell'acceleraz. della Produttività del lavoro dovuta all'IT	Circa 50%	Circa 67%	Circa 70%	Circa 50%	n.a.

fonte: Saito, 2001

Sempre nella tabella 2.2 notiamo che, nei due periodi, si è registrato un aumento del *capital deepening* e della *multifactor productivity*. La crescita di quest'ultima è stata sempre più sostenuta: 0,6 contro 0,5 nel caso di Jorgenson e Stiroh, 0,7 contro 0,5 nel caso di Oliner e Sichel; 0,9 contro 0,5 nel caso di CEA. Soltanto Gordon registra lo stesso risultato per entrambe le variabili che è pari a 0,3.

È importante sottolineare che il contributo del settore IT al *capital deepening* è sempre più elevato del capitale non IT. Mentre per la MFP avviene il contrario tranne, sempre nel caso di Gordon, che registra 0,3 per *IT sector* e 0,0 per *non-IT sector*. Per quanto concerne la qualità del lavoro, dal confronto dei risultati della prima metà degli anni novanta con la seconda metà, si è registrata una diminuzione. Al contrario, dal confronto tra i periodi 1973-95 (oppure 72-95 nel caso di Gordon) e 96-99 si è verificato un aumento della stessa.

Gli autori sostengono, inoltre, che l'investimento in ICT contribuisce alla produttività sia nel settore *ICT-producing* sia nel settore *ICT-using*. Al contrario, Gordon (2000) sostiene che l'investimento in ICT contribuisce positivamente alla crescita della MFP soltanto nel settore *ICT-producing* e nelle industrie dei beni durevoli piuttosto che nelle industrie delle *ICT-using*.

7.1 Altri studi a livello di paese

Dopo esserci soffermati sui risultati ottenuti dai diversi autori nella stima del contributo che le nuove tecnologie danno alla crescita della produttività del lavoro degli Stati Uniti, spostiamo ora la nostra attenzione anche su altre economie.

A tale scopo abbiamo costruito una tabella che riassume i risultati ottenuti da alcuni studiosi per gli Stati Uniti, la Francia, la Finlandia, l'Italia e l'Unione Europea.

Gli autori analizzano la relazione tra i computer e la crescita usando la struttura neoclassica del modello di Solow. I risultati mostrano un contributo apprezzabile dei computer alla crescita della produttività in tutti i paesi menzionati.

I lavori presi in esame utilizzano i modelli indicati nelle equazioni 2.3 e 2.4 per USA, Francia, Finlandia, Italia ed Europa. Il periodo non è definito esattamente nello stesso modo da tutti gli autori ma può oscillare di un anno all'inizio oppure alla fine.

Per quanto riguarda l'economia statunitense, i primi due lavori presentati sono di Oliner e Sichel (2000) e Jorgenson e Stiroh (2000). Essi mostrano risultati simili per tutti i periodi analizzati. Negli anni 1974-90 e 1991-95 l'output aumenta in media di circa il 3 per cento all'anno. Oliner e Sichel stimano che il contributo del capitale ICT sull'output negli anni 1996-99 è di circa l'1,1 per cento all'anno, pari quasi al doppio degli anni precedenti. Il maggior contributo nella seconda metà degli anni novanta riflette sia l'aumento dell'importanza del capitale ICT nell'economia sia la rapida

crescita nello stock reale del computer hardware e *communication equipment* comparato con la media pre-1995. Gli autori sottraggono la crescita delle ore lavorate dalla crescita dell'output e da tutti i vari input. Questa operazione consente una scomposizione dell'output che permette di focalizzarsi sulla crescita della produttività del lavoro.

Nella scomposizione risultante, la crescita della produttività del lavoro riflette l'aumento del capitale per ore lavorate - riferito alla parte di *capital deepening* - alla crescita nella qualità del lavoro e alla produttività multifattoriale, ma anche in questo caso i risultati non sono diversi da quelli presentati. Nella tabella 2.3 notiamo, inoltre, che Oliner e Sichel (2000) e Jorgenson e Stiroh (2000) hanno trovato che il contributo delle ICT all'aumento della crescita degli USA è stato di circa un punto percentuale (1,1) nel periodo 1996-99 nel caso di Oliner e Sichel e, per il periodo 1995-98 nel caso di Jorgenson e Stiroh, un numero pari quasi al doppio rispetto ai due periodi precedenti (0,76).

Gli altri due lavori, sempre per gli Stati Uniti, sono di Van Ark et al. (2002) e Daveri (2003). Anche in questo caso i risultati che entrambi gli studi ottengono non sono dissimili dai due precedenti. Anche se nel caso di Van Ark et al. nel periodo 1990-95, rispetto al periodo precedente, si nota una lieve flessione del tasso di crescita di quasi tutte le variabili tranne che di *communication equipment* e di *other capital*. Anche il tasso di crescita della MFP subisce una lieve flessione da 0,66 nel 1985-90 a 0,61 nel 1990-95. Lo stesso confronto non può essere fatto con il lavoro di Daveri in quanto quest'ultimo presenta solo i dati del 1990-95 e 1995-2000.

Anche per quanto riguarda la Francia i risultati di Mairesse e Kocoglu (2000), Vijselaar e Albers (2002) e Daveri (2003) sono simili. I risultati che riportano Mairesse e Kocoglu evidenziano soltanto il contributo del capitale ICT e non-ICT alla crescita economica. Confrontando il periodo 1973-89 con il 1990-95 si evince una caduta del contributo di entrambi i tipi di capitale. Tuttavia, mentre quella del capitale non-ICT si protrae anche nel periodo successivo, il contributo del capitale ICT aumenta dal secondo al terzo periodo. Vijselaar e Albers e Daveri al contrario di Mairesse e Kocoglu riportano anche i dati della MFP che registra, in entrambi in casi, un aumento dal primo al secondo periodo.

Inoltre, mentre nei risultati di Vijselaar e Albers e Daveri il contributo del capitale ICT, nella seconda metà degli anni novanta, riesce ad essere superiore rispetto a quello del capitale non-ICT, nei risultati di Mairesse e Kocoglu questo non succede anche se si nota la tendenza alla crescita del contributo del capitale ICT e alla diminuzione dell'altro capitale.

Tab. 2.3: Contributo delle ICT alla crescita del PIL

Modello	Oliner e Sichel, 2000			Jorgenson e Stiroh, 2000			Van Ark et al., 2002			Daveri, 2003		Paese
	dati utili: BLS, BEA			dati utili: BLS, BEA			1985-90 1990-95 1995-00			1990-95	1995-00	
	1974-90	1991-95	1996-99	1973-90	1990-95	1995-98	1985-90	1990-95	1995-00	1990-95	1995-00	U.S.A.
Tasso di crescita dell'output (a)	3,06	2,75	4,82	-	-	-	-	-	-	1,20	2,21	
Contributi (b):												
ICT Capital	0,49	0,57	1,10	0,35	0,40	0,76	0,43	0,40	0,75	0,30	0,61	
Hardware	0,27	0,25	0,63	0,20	0,19	0,46	0,23	0,19	0,38	-	-	
Software	0,11	0,25	0,32	0,07	0,15	0,19	0,07	0,04	0,11	-	-	
Communication equipment	0,11	0,07	0,15	0,08	0,06	0,10	0,13	0,16	0,26	-	-	
Other Capital	0,86	0,44	0,75	0,81	0,51	0,86	0,14	0,19	0,25	0,15	0,20	
Labor hours	1,16	1,82	1,50	-	-	-	-	-	-	-	-	
Labor quality	0,22	0,44	0,31	-	-	-	-	-	-	-	-	
MFP	0,33	0,48	1,16	-	-	-	0,66	0,61	1,21	0,74	1,39	
	<i>Mairesse e Kocoglu, 2000</i>			<i>Vijelaar e Albers, 2002</i>								
	Table 5, page 10			Table 5, page 10								
	1973-89	1990-95	1995-98	1991-95	1996-99					1,38	1,35	Francia
Tasso di crescita dell'output (a)	-	-	-	1,79	1,37							
Contributi (b):												
ICT Capital	0,20	0,15	0,26	0,26	0,45					0,16	0,24	
Hardware	0,11	0,07	0,10	0,14	0,18					-	-	
Software	0,04	0,04	0,07	0,08	0,21					-	-	
Communication equipment	0,05	0,03	0,07	0,04	0,06					-	-	
Other Capital	0,85	0,61	0,48	1,08	0,39					0,74	0,22	
Labor hours	-	-	-	-	-					-	-	
Labor quality	-	-	-	-	-					-	-	
MFP	-	-	-	0,45	0,52					0,48	0,89	

a: Media annuale log difference per anni moltiplicata per 100;

b: Punti percentuali annui;

In corsivo 1995-99

Continua tab. 2.3: Contributo delle ICT alla crescita del PIL

Modello	Paese			
	1974-90	1991-95	1996-99	1973-90 1990-95
	Finlandia			
	Jalava e Pohjola, 2001			
	1975-90	1990-95	1995-99	Niininen, P., 1998
	1983-90	1991-96		1983-90 1991-96
Tasso di crescita dell'output (a)	3,2	-0,7	6,0	4,06 0,39
Contributi (b):				
ICT Capital	0,2	0,3	0,7	0,21 0,15
Hardware	0,1	0,2	0,4	0,14 0,11
Software	0,1	0,1	0,1	0,02 0,03
Communication equipment	0,0	0,1	0,1	0,05 0,00
Other Capital	0,8	-0,7	-0,4	0,86 -0,44
Labor hours	-0,4	-2,9	1,3	0,33 -2,31
Labor quality	0,2	0,2	0,3	- -
MFP	2,2	2,3	4,2	2,66 2,99
	Daveri, 2003			
	1991-95	1996-99	1995-00	1990-95 1995-00
Tasso di crescita dell'output (a)	2,95	0,86		3,00 1,13
Contributi (b):				
ICT Capital	0,19	0,21		0,24 0,30
Hardware	0,03	0,03		- -
Software	0,03	0,09		- -
Communication equipment	0,13	0,09		- -
Other Capital	1,26	0,47		0,80 0,37
Labor hours	-	-		- -
Labor quality	1,49	0,18		1,96 0,46
MFP	-	-		- -
	Van Ark et al., 2002			
	1985-90	1990-95	1995-00	
Tasso di crescita dell'output (a)	-	-	-	2,90 1,80
Contributi (b):				
ICT Capital	0,33	0,28	0,40	0,27 0,27
Hardware	0,18	0,13	0,22	- -
Software	0,05	0,06	0,07	- -
Communication equipment	0,11	0,09	0,11	- -
Other Capital	0,64	1,05	0,40	0,88 0,36
Labor hours	-	-	-	- -
Labor quality	-	-	-	- -
MFP	1,02	1,12	0,62	1,73 0,14

a. Media annuale log difference per anni moltiplicata per 100; b. Puntii percentuali annui; In corsivo 1995-99

Jalava e Pohjola (2001) e Niininen (1998) studiano entrambi l'economia Finlandese ed ottengono risultati simili anche se i periodi non sono definiti allo stesso modo per entrambi i lavori. In particolare, nel lavoro di Jalava e Pohjola, dal primo al secondo periodo, si nota una riduzione dell'output, che nel periodo successivo ritorna a crescere in maniera sostenuta. Il contributo del capitale ICT è sempre crescente così come quello della MFP. Al contrario, il contributo del capitale non-ICT assume valori negativi dal secondo al terzo periodo. I risultati di tale lavoro mostrano che il contributo dell'uso delle ICT alla crescita dell'output è aumentato di 0,3 punti percentuali nella prima metà degli anni novanta e di 0,7 punti percentuali nella seconda metà degli anni novanta. Inoltre, la veloce crescita della MFP nelle industrie *ICT-producing* è stata meno ampia di quella del settore *ICT-using*.

Anche Niininen (1998) studia il contributo medio annuale del computer hardware, software e *communication equipment* alla crescita dell'output della Finlandia, durante il periodo 1983-96. Durante questo periodo il contributo del computer hardware aumenta di 0,1 punti percentuali. La *performance* dell'occupazione da un periodo all'altro diventa negativa e questo influenza i risultati sia della crescita dell'output sia della MFP.

Vijselaar e Albers (2002) e Daveri (2003) studiano anche l'economia italiana e, nonostante i due periodi non siano esattamente coincidenti, i risultati che ottengono sono simili. Vijselaar e Albers studiano gli anni 1991-95 e 1996-99 mentre Daveri studia i periodi 1990-95 e 1995-00. I risultati che ottengono affermano che il tasso di crescita dell'output diminuisce dal primo al secondo periodo. Il contributo del capitale ICT aumenta mentre si riduce quello del capitale non-ICT. La produttività multifattoriale diminuisce dalla prima alla seconda metà degli anni novanta. In entrambi i lavori notiamo che il contributo del capitale ICT aumenta dal primo al secondo periodo; mentre, il contributo del capitale tradizionale diminuisce.

Sempre nella stessa tabella sono riportati i risultati di altri due lavori effettuati per l'Europa. I lavori sono di Van Ark et al. (2003) e di Daveri (2003). Nel primo caso Van Ark mostra che il contributo del capitale ICT diminuisce dalla seconda metà degli anni ottanta alla prima metà degli anni novanta per poi aumentare nella seconda metà dello stesso decennio. Al contrario il contributo del capitale non-ICT è decrescente per tutti i tre sottoperiodi considerati. La MFP aumenta dal primo al secondo periodo e diminuisce successivamente. Daveri trova gli stessi risultati per la MFP ed il capitale tradizionale mentre per il capitale ICT trova un contributo invariato.

In conclusione, dall'analisi riassunta nella precedente tabella emerge che il contributo delle nuove tecnologie alla crescita economica sembra essere evidente per l'economia statunitense, mentre per gli altri paesi l'evidenza non è così netta. Secondo Daveri (2002) questo è dovuto, soprattutto, al lavoro di revisione delle statistiche ufficiali da parte del BLS (*Bureau of Labor Statistics*) e del BEA (*Bureau of Economic*

Analysis) che hanno aggiustato le stime dei conti economici nazionali secondo indici dei prezzi aggiustati per la qualità dei prodotti.

7.2 Il contributo dell'uso del computer hardware alla crescita economica

Accertato che gli investimenti in ICT riescono a fare crescere un'economia più velocemente quando tali tecnologie sono pienamente operanti, molti autori si chiedono se questa parte di miglioramenti è attribuibile al cambiamento strutturale risultante dal progresso tecnico e, quindi, possono evidenziarsi anche nel lungo periodo sulla produttività nazionale, oppure se i miglioramenti sono da attribuire al cambiamento della produttività dovuta al ciclo economico.

La crescita di breve periodo può aumentare sia la produttività sia l'investimento e il declino di breve periodo può fare diminuire entrambe. È difficile dire con certezza quale sia la causa di tali aumenti. Gordon (2000) attribuisce una significativa quota di aumento della produttività negli anni 1995-2000 agli effetti ciclici, mentre altri studi (Council of Economic Advisers, 2001; Stiroh, 2001) hanno mostrato che gli effetti ciclici sono quasi irrilevanti. Questi differenti risultati hanno sostanzialmente differenti implicazioni per gli effetti degli investimenti in ICT sulla produttività.

Spesso ci siamo riferiti alle tecnologie ICT come quelle tecnologie che si possono suddividere in hardware, software, e telecomunicazioni. Alcuni autori hanno voluto verificare il contributo che il solo computer hardware fornisce alla crescita economica. Tali risultati sono riassunti nella tabella 2.4.

Gli autori utilizzano diverse metodologie ma i risultati non sembrano differire. Whelan (2002) stima il contributo dei computer alla crescita mediante il calcolo di uno stock di computer "produttivo" molto ampio: assume che tutti gli investimenti fatti nei computer rimangono produttivi fino al loro smobilizzo. Jorgenson e Stiroh (1999) stimano il ruolo del *computer hardware* con un database più piccolo di quello di Oliner e Sichel, (2000) e nella stima, al contrario di Oliner e Sichel, includono anche gli input dei servizi.

Nonostante queste differenze i tre lavori giungono a risultati simili: l'uso del *computer hardware* fa sostanzialmente aumentare il contributo della crescita dell'output nella seconda metà degli anni novanta. Al contrario, Kiley (1999) stima che il contributo del *computer hardware* ha un segno negativo dalla metà degli anni settanta. Kiley ottiene questi risultati poiché assume che gli investimenti nei nuovi computer comportano dei "costi di adeguamento" che intervengono quando si introducono dei nuovi investimenti nelle imprese. Gli altri investimenti in computer registrati negli ultimi trenta anni nell'economia statunitense hanno richiesto dei costi di adeguamento sostanziali al fine di inglobare la nuova tecnologia nella normale pratica delle imprese.

Come risultato il modello di Kiley mostra un valore per il tasso di investimento in computer che ha un coefficiente negativo.

Tab. 2.4: Il contributo del computer hardware alla crescita della produzione

Studi	Anni	Contributo del computer Hardware	Anni	Contributo del computer Hardware
Oliner e Sichel, 2000	1991-95	0,25	1996-99	0,63
			1996-98	0,59
Whelan, 2002	1970-79	0,20	1996-98	0,82
	1980-89	0,39		
	1990-95	0,33		
Jorgenson-Stiroh, 2000	1991-95	0,19	1996-99	0,49
Kiley, 1999	1955-73	0,07	1985-98	-0,27
	1974-84	-0,34		
Macroeconomic Advisers, 1999	1994-95	0,2-0,3	1996-99	0,5-0,7
			1996-98	0,5-0,6

Fonte dei dati: BLS, BEA

La sottostima dell'effetto dei computer sulla crescita della produttività è, pertanto, da attribuirsi, secondo Kiley, alla presenza di alti costi di adeguamento. Secondo Kiley tali costi diminuiranno quando il boom degli investimenti in computer volgerà al termine. Quando ciò accadrà Kiley ritiene che il contributo della crescita dei computer diventerà positivo.

8. L'evidenza degli investimenti ICT negli studi effettuati a livello di industria

Anche dalle analisi svolte a livello industriale, così come per quelle svolte a livello aggregato, dopo una prima fase nella quale gli effetti dell'*Information and Communication Technology* non erano visibili nelle statistiche della produttività, si è passati ad una fase successiva dove le statistiche riescono ad evidenziare tale relazione.

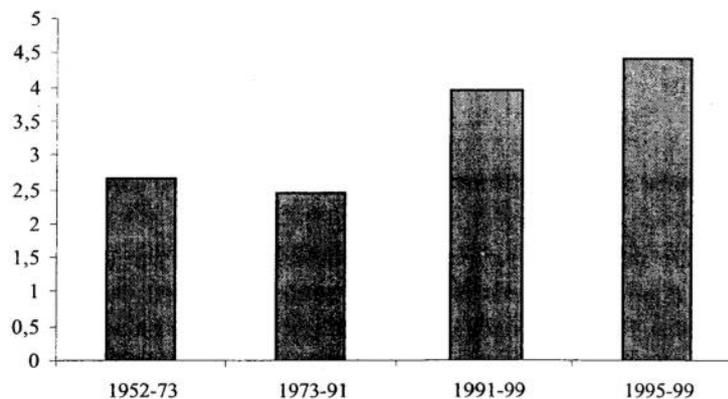
Nella figura 2.2 sono riportati i tassi di crescita medi annui della produttività del lavoro nell'industria manifatturiera negli USA per gli anni 1952-1999. In essa notiamo il periodo di *slowdown* dal 1973 al 1991 e la successiva ripresa fino alla seconda metà anni novanta. La crescita della produttività del lavoro è divisa in quattro sottoperiodi. Nel primo, 1952-1973, il tasso di crescita medio della produttività del lavoro è di 2,6 punti percentuali. Nel periodo successivo, 1973-91, c'è una lieve flessione della crescita della produttività media. È dal 1991 al 1999 che si manifesta una crescita sostenuta della produttività del lavoro, anche se, nel periodo 1991-95, c'è una crescita più sostenuta rispetto alla seconda metà dello stesso decennio.

Molti lavori mostrano che, negli anni novanta, si è avuta una crescita della produttività del lavoro molto più veloce rispetto ai periodi precedenti (Jorgenson e Stiroh, 2000; Council of Economic Advisers, 2001; Stiroh, 2001; Baily e Lawrence, 2001; Nordhaus, 2001). Il punto è che la crescita della produttività del lavoro non si è manifestata con la stessa intensità in tutti i paesi ed i settori.

A quest'ultimo livello la differenza si riscontra, soprattutto, tra i settori *ICT-using* e *ICT-producing* e *High intensity ICT users* e *Middle Intensity ICT Users*. Infatti, l'obiettivo di molti lavori è quello di verificare se gli effetti delle nuove tecnologie si manifestano in tutti i settori oppure soltanto in alcuni di essi.

Baily e Gordon (1988) affermano che vi sono "inconsistenze" nei dati a livello industriale degli USA. Pertanto, non c'è da meravigliarsi del fatto che vi siano delle differenze tra i risultati dei vari studi effettuati. Infatti, come affermato in precedenza, alcuni autori hanno affermato che, oggi, gli effetti delle nuove tecnologie si manifestano pienamente negli Stati Uniti solo grazie alla revisione delle statistiche effettuata dal BLS e dal BEA.

Fig. 2.2: Produttività media del lavoro nell'industria manifatturiera negli USA (tassi di crescita medi annui)



Fonte: OECD (2000)

In un momento successivo, Oliner e Sichel (2000) e Baily e Lawrence (2001) affermano che l'aumento della produttività dovuta all'utilizzo delle ICT avviene nell'intera economia, mentre Trento e Warglien (2001) sostengono che l'impatto delle ICT è maggiore nei settori *information-intensive* (come molti comparti dei servizi) e,

soprattutto, in quelli nei quali è importante la capacità di coordinare numerose sub-unità o componenti. Pilat e Lee (2001) ritengono che un contributo significativo alla crescita della produttività provenga dal settore manifatturiero che utilizza le ICT. Mentre, Gordon (2000) afferma che le nuove tecnologie non producono un potenziale aumento di crescita come le grandi innovazioni che si sono sviluppate nel ventesimo secolo, quali l'elettricità e il motore a combustione.

Inoltre, Gordon (2000) trova che la crescita della produttività del lavoro è concentrata soltanto nel settore manifatturiero dei beni durevoli e soprattutto nell'industria *ICT-producing*. Tuttavia, i risultati di Gordon (2001), con dati più aggiornati, mostrano una crescita della produttività del lavoro anche al di fuori del settore dei beni durevoli. Anche se l'andamento della produttività del lavoro varia a seconda delle industrie analizzate.

Il Council of Economic Advisers (2001) ha mostrato che il cambiamento nella produttività del lavoro è associato soprattutto agli investimenti in ICT. Più alti sono tali investimenti maggiore è il cambiamento che si ha nella crescita della produttività del lavoro.

Tab 2.5: Contributo delle ICT alla crescita del PIL in USA su dati BLS e BEA

	<i>Nonfarm Private Business</i>	<i>NFPB Excluding Durable Manufacturing</i>	<i>Effect Durable Manufacturing</i>
1. Actual Growth	2,86	2,20	0,66
2. Contribution of Cyclical Effect	0,40	0,48	-0,08
3. Growth in Trend (line 1 - line 2)	2,46	1,72	0,74
4. Trend, 1972:2 - 1995:4	1,42	1,13	0,29
5. Acceleration of Trend (line 3 - line 4)	1,04	0,59	0,45
6. Contribution of Price Measurement	0,14	0,14	0,00
7. Contribution of Labor Quality	0,01	0,01	0,00
8. Structural Acceleration in Labor Productivity (line 5 - line 6)	0,89	0,44	0,45
9. Contribution of Capital Deepening	0,37	0,37	0,00
a) Information Tecnology Capital	0,60	0,60	0,00
b) Other Capital	-0,23	-0,23	0,00
10. Contribution of MFP Growth in Computer and Computer-Related Semiconductor Manufacturing	0,30	-0,00	0,30
11. Structural Acceleration in MFP (line 7 - lines 8 through 10)	0,22	0,07	0,15

Fonte: Gordon, 2002

Nella 2.5 è riportata la scomposizione, fatta da Gordon (2002), della crescita dell'output per ora lavorata per il periodo 1995-2000, nel contributo dell'effetto ciclico

e del cambiamento strutturale nel trend di crescita. I dati sono presentati in punti percentuali dei tassi di crescita annuali.

La prima colonna della tabella si riferisce all'economia aggregata dove notiamo che del tasso di crescita annuale del 2,86 percento, 0,40 sono attribuiti ad effetti ciclici e 2,46 al trend di crescita e di essi 0,89 punti possono essere direttamente attribuiti ai computer. Questa accelerazione può essere spiegata per una piccola parte dal cambiamento del prezzo e dalla qualità del lavoro.

L'effetto del *capital deepening* della rapida crescita dei computer è di 0,60 mentre 0,30 punti sono attribuiti all'accelerazione della MFP. La stessa suddivisione è fatta per il settore del manifatturiero non durevole (seconda colonna) mentre la terza colonna è ricavata per differenza tra le due precedenti. Il contributo del capitale non-ICT ha un segno negativo pari a - 0,23, il residuo 0,22 è attribuito alla MFP fuori dal settore dei computer.

Lo stesso esercizio è fatto nella seconda e terza colonna. In particolare, la terza colonna può essere ricavata anche come differenza tra la prima e la seconda. In quest'ultima notiamo che la crescita dell'output è 2,20 e 0,48 è attribuibile agli effetti ciclici. Il contributo della variazione del prezzo e della qualità del lavoro è uguale a quello visto nella precedente colonna. Anche in questo caso il contributo del capitale non-ICT è negativo e quello della MFP è pari a 0,07. Possiamo concludere l'analisi della tabella con le parole di Gordon: "Thus the verdict on the "new Economy" is decidedly mixed. The productivity revival is impressive and real, and most of it is structural rather than cyclical. The productivity revival has spilled over from the production of computers to the use of computers. The evident effect of new technologies in reducing transaction costs and facilitating a surge in trading volumes in the securities industry is one of many ways in which the use of computers has contributed to the productivity revival..." (Gordon, 2002: 24).

La tabella 2.6 mostra i tassi di crescita della produttività del lavoro per settori industriali nei periodi 1989-95 e 1995-99. In essa trova conferma l'ipotesi di Baily e Lawrence, i quali al contrario di Gordon (2000), sostengono che il settore dei servizi spiega una buona parte dell'accelerazione della produttività del lavoro. Infatti, le industrie dei servizi mostrano una crescita della produttività del lavoro maggiore rispetto all'intera economia. "Some claimed that measurement problems explained why pre-95 productivity growth in services was sluggish. However, as in the years prior to 1973, these problems have not prevented the detection of substantial gains recently" (Baily e Lawrence, 2001: 3).

Il settore manifatturiero dei beni durevoli ha avuto una sostenuta crescita della produttività in entrambi i periodi. I risultati mostrati alla fine della tabella 2.6 confermano come le industrie ICT crescono più velocemente delle altre. Diversi lavori hanno evidenziato che la crescita della produttività varia a seconda delle industrie. CEA

(2001) ha mostrato che il positivo cambiamento della produttività del lavoro è associato con elevati investimenti in ICT.

Tab. 2.6: Crescita della produttività del lavoro nei settori economici

Industry	1989-95	1995-99	Difference
Private Industries	0.88	2.31	1.43
Agriculture	0.34	1.18	0.84
Mining	4.56	4.06	-0.50
Construction	-0.10	-0.89	-0.79
Manufacturing	3.18	4.34	1.16
Durable	4.34	6.84	2.51
Non-durable	1.65	1.07	-0.59
Transportation	2.48	1.72	-0.76
Trucking and Warehousing	2.09	-0.73	-2.82
Transportation by air	4.52	4.52	0.00
Other Transportation	1.51	2.14	0.63
Communication	5.07	2.66	-2.41
Electric / Gas / Sanitary	2.51	2.42	-0.09
Wholesale Trade	2.84	7.84	4.99
Retail Trade	0.68	4.93	4.25
Fire	1.70	2.67	0.97
Finance	3.18	6.76	3.58
Insurance	-0.28	0.44	0.72
Real Estate	1.38	2.87	1.49
Services	-1.12	-0.19	0.93
Personal Services	-1.47	1.09	2.55
Business Services	-0.16	1.69	1.85
Health Services	-2.31	-1.06	1.26
Other Services	-0.72	-0.71	0.01
Intense IT users	2.43	4.18	1.75
Less intense IT users	-0.10	1.05	1.15

fonte: CEA (2001) su dati BEA

In altre parole le industrie che presentano elevati investimenti in ICT evidenziano un forte aumento della produttività del lavoro. Infatti, dalle ultime due righe della tabella si evince che l'aumento della produttività nelle industrie *intense ICT users* è molto più elevato rispetto a quelle *less intense ICT users*.

Nella penultima riga notiamo che la crescita della produttività media dal 1995-1999 è quattro volte più grande (4.18% contro 1.05%) nelle industrie con elevati investimenti in ICT rispetto a quelle con investimenti più bassi.

Questi risultati sono compatibili con quelli di Stiroh (2001) il quale trova che le industrie *ICT intensive* (quelle con elevati livelli medi di capitale ICT come parte del capitale totale) mostrano un tasso dell'1,3% più elevato della produttività del lavoro

rispetto alle altre industrie ed hanno avuto una più elevata crescita della produttività in entrambi i periodi.

8.1 Analisi parametriche svolte a livello di industria

Dopo esserci soffermati sull'analisi della produttività totale dei fattori a livello industriale ci spostiamo, ora, sull'analisi dei lavori che hanno adottato un approccio parametrico e sono basati sulla stima di un modello econometrico.

Nella tabella 2.7 abbiamo sintetizzato alcuni dei principali risultati empirici dei lavori che studiano la relazione tra le ICT e il settore manifatturiero. Dalla tabella si nota che il periodo in cui sono stati effettuati i lavori influenza notevolmente il risultato. Infatti, mentre Loveman (1988) sostiene che gli investimenti in ICT non aggiungono nulla all'output, Siegel e Griliches (1992) sostengono che le industrie che usano le tecnologie ICT tendono ad essere più produttive delle altre.

Loveman (1988) fornisce una prima evidenza econometrica della produttività dell'investimento in ICT nelle industrie del settore manifatturiero. Egli utilizza il metodo OLS per stimare i parametri della funzione di produzione. I risultati di Loveman mostrano che il contributo del capitale ICT all'output è stato approssimativamente pari a zero nei cinque sottoperiodi studiati e questo sembra sottolineare l'esistenza del paradosso della produttività anche perché, nonostante le imprese dimostrino di volere migliorare rapidamente la tecnologia, i miglioramenti nella produttività sembrano essere insignificanti.

Studi ancora meno recenti tra i quali Morrison e Berndt (1991) trovano che i computer hanno solo un piccolo impatto sul progresso tecnico, gli autori si basano sulla stima di una funzione di costo dinamica, includendo in momenti separati sia il livello dei prezzi sia la quantità di impianti "high-tech". Morrison e Berndt (1991) affermano che i costi marginali associati all'investimento in computer eccedono i benefici marginali.

Anche Parson et al. (1993) riportano rendimenti molto bassi sugli investimenti in computer. Al contrario, Siegel e Griliches (1992) trovano una positiva e statisticamente significativa relazione tra il tasso di investimento in computer nell'industria manifatturiera e la sua crescita di produttività su tre periodi. Risultati simili sono ottenuti da Steindel (1992) il quale afferma che le industrie con elevati tassi di investimenti in ICT mostrano un'elevata crescita della produttività. Steindel utilizza gli stessi dati di Morrison e Berndt (1991), ma stima con una differente metodologia la crescita della produttività.

Tab. 2.7: Studi sulle ICT a livello industriale

Autore(i), anno	Settore Industriale	Risultati	Paesi	Periodo	Dati Utilizzati
Barua, Kriebel e Mukhopadhyay, 1991	Manifatturiero	ICT improved intermediate outputs, if not necessarily final output			PIMS/MPIT
Basu et al., (2003)	Industry using IT	$\Delta p_t^{**} = -0,001 - 8,9\bar{k}_t^{**} + 17,4\bar{k}_t^{**} + 4,1\bar{k}_t^{**}$ 0,003 4,8 5,7 7,2 $\Delta p_t^{**} = -0,09 + 0,65\bar{k}_t^{**} + 0,65\bar{k}_t^{**} + 1,39\bar{k}_t^{**}$ 0,48 1,48 2,80 3,56	USA	1979-00	BLS
Berndt et al., 1992		ICT non correlated with higher productivity in majority of industries; correlated with more labor	USA		Bank of England
Gera, Gu, Lee, 1999	Cross-industry	$\left(\frac{y}{y}\right) = 0,03 + 0,36\frac{K}{Y} + 0,02\frac{K}{Y} - 0,83\frac{L}{Y} + 0,22\frac{S}{Y}$ (4,39) (3,60) (1,48) (6,26) (3,33) $\left(\frac{y}{y}\right) = 0,01 + 0,54\frac{K}{Y} - 0,05\frac{K}{Y} - 0,42\frac{L}{Y} + 0,03\frac{S}{Y}$ (1,19) (4,74) (0,77) (-0,42) (1,46)	Canada	1971-93	OECD databases: ISBD, STAN, IOD, ANBERD, BTD
Kudyba e Diwan, 2002	High-Intensity Industry IT Users	$Y = 5,979 + 0,155K_t + 0,202K_t + 0,343L_t + 0,169L_t$ (7,598) (2,067) (3,153) (3,726) (3,741) $Y = 5,117 + 0,170K_t + 0,323K_t + 0,276L_t + 0,135L_t$ (6,739) (2,236) (5,578) (3,179) (2,517) $Y = 4,246 + 0,366K_t + 0,290K_t + 0,052L_t + 0,232L_t$ (3,702) (3,604) (3,654) (0,499) (2,676)	USA	1995 1996 1997	Information week
Kudyba e Diwan, 2002	Middle-Intensity Industry IT Users	$Y = 4,128 + 0,137K_t + 0,223K_t + 0,210L_t + 0,377L_t$ (5,701) (2,435) (6,410) (3,517) (8,073) $Y = 4,653 + 0,209K_t + 0,184K_t + 0,327L_t + 0,230L_t$ (6,341) (2,861) (5,003) (4,654) (4,920) $Y = 3,866 + 0,193K_t + 0,193K_t + 0,197L_t + 0,385L_t$ (3,864) (2,445) (4,357) (2,401) (7,244)	USA	1995 1996 1997	Information week
Loveman, 1988	Manifatturiero	ICT investments added nothing to output			PIMS/MPIT
Morrison & Berndt, 1991**	Manifatturiero	ICT marginal benefit is 80 cents per dollar invested	USA	1952-86	BEA BLS
Siegel, 1994		A multiple indicators and multiple causes model captures significant MFP effects of computers			Multiple gov't sources
Siegel & Griliches, 1992	Manifatturiero	ICT using industries tend to be more productive; government data is unreliable	USA	1977-82	Multiple gov't sources
Weill, 1990	Manifatturiero	Contextual variables affect ICT performance			Interviews & surveys

** Fonte: Brynjolfsson e Yang, 1996, In parentesi il test t; in corsivo lo Standard Error

Gera, Gu e Lee (1999) studiano sia gli Stati Uniti sia il Canada ed introducono nel modello le spese in Ricerca e Sviluppo. I risultati ottenuti da Gera et al. sono riportati analiticamente nella tabella 2.6 e sono stati ottenuti su un pooled cross-section time series di dati consistente in 27 industrie e 5 sottoperiodi (1971-75, 1976-79, 1980-85, 1986-89, 1990-93). Tali risultati mostrano che gli investimenti in IT sono un'importante fonte di crescita economica non soltanto per gli Stati Uniti ma anche per le industrie

canadesi. I risultati per gli Stati Uniti sono consistenti con quelli del Canada ma a volte meno robusti. Inoltre, in Canada le spese in Ricerca e Sviluppo sia IT sia non-IT contribuiscono in maniera significativa alla crescita della produttività del lavoro; anche se gli spillovers del settore IT sono più elevati di quelli del settore non-IT.

Kudyba e Diwan (2002) studiano per tre anni (1995, 1996 e 1997) una funzione di produzione Cobb-Douglas per due diversi settori industriali degli Stati Uniti, *High-Intensity Industry IT Users* e *Middle-Intensity Industry IT Users*. Il modello stimato dai due autori è il seguente:

$$\ln(Y)_y = \beta_1 \ln(K_1)_y + \beta_2 \ln(K_0)_y + \beta_3 \ln(L_1)_y + \beta_4 \ln(L_0)_y$$

dove K_1 e L_1 indicano il capitale ed il lavoro IT, e K_0 e L_0 indicano il capitale ed il lavoro non-IT. La metodologia utilizzata dai due autori per la stima della precedente funzione è quella OLS.

I loro risultati indicano che il capitale IT ha avuto un impatto positivo e significativo sulla crescita della produttività delle imprese. Inoltre, l'elasticità del capitale IT è crescente nei tre anni considerati, soltanto nel 1997 si ha una lieve flessione. Per quanto riguarda il lavoro sia IT sia non-IT notiamo che ogni volta che l'elasticità del lavoro IT aumenta da un periodo a quello successivo quello del lavoro non-IT diminuisce, e viceversa.

Basu et al. (2003) dopo un'analisi di *growth accounting* presentano delle *stime cross-sectional* per gli Stati Uniti ed il Regno Unito. Quello che si prefiggono di verificare è se gli investimenti in ICT hanno effetti sulla crescita della produttività totale dei fattori sia immediati sia ritardati nel tempo. In particolare, gli autori esplorano la correlazione esistente tra crescita della produttività nella seconda metà degli anni novanta e gli effetti delle nuove tecnologie. Il modello può essere indicato nel seguente modo:

$$\Delta p_i^{95-00} = c_i + a \bar{k}_i^{95-00} + b \bar{k}_i^{90-95} + c \bar{k}_i^{80-90} + \varepsilon_i$$

dove:

Δp_i^{95-00} indica la crescita della TFP nel periodo 1995-2000,

$a \bar{k}_i^{95-00}$ rappresenta il valore medio del capitale in ICT nel periodo 1995-2000;

$a \bar{k}_i^{95-00}$ indica il valore medio del tasso di crescita del capitale in computer e software nel periodo 1995-2000;

Il fondamento della loro scelta si basa sul fatto che sia Brynjolfsson e Hitt (2002) sia Howitt (1998) trovano dei ritardi nella manifestazione degli effetti positivi delle nuove tecnologie. I risultati per gli Stati Uniti mostrano che la crescita della TFP è correlata negativamente con un aumento contemporaneo del capitale ICT; mentre è correlata positivamente con un ritardo di qualche anno. Nel caso specifico, la crescita della TFP per gli anni 1995-2000 è correlata positivamente con gli investimenti del capitale ICT

negli anni 1980 e nella prima metà degli anni novanta; mentre è correlata negativamente con gli investimenti effettuati nello stesso periodo. Per quanto concerne il Regno Unito i risultati della regressione sono meno robusti. Infatti, quasi nessuna variabile è statisticamente significativa e, spesso, il segno del parametro stimato non è quello atteso.

Per la Germania Hempell (2002) mostra effetti significativi sulla produttività delle ICT. Gli investimenti in ICT possono contribuire alle crescenti differenze di produttività tra le imprese e tra i paesi. Per i Paesi Bassi, Broersma e McGuckin (2000) trovano che gli investimenti in computer hanno un impatto positivo sulla produttività e questo impatto è più grande nel settore dei servizi.

Un recente lavoro di Triplett e Bosworth (2000) si focalizza sulla crescita della produttività nel settore dei servizi, cercando di identificare l'impatto delle ICT e di altri fattori sulla crescita della produttività. I risultati mostrano che, negli anni successivi al 1995, le imprese del settore dei servizi assumono un ruolo importante nella crescita della produttività del lavoro. Le ICT, attraverso il *capital deepening*, giocano un ruolo significativo nella crescita della produttività del lavoro pre e post 1995. "It was often not new IT, or new IT investment, that was associated with rapid productivity change, but instead IT capital technology that had been around for a decade or two." (Triplett e Bosworth, 2000: 18).

8.2 *La produttività totale dei fattori a livello industriale*

Abbiamo già affermato che anche lo studio della produttività multifattoriale viene distinta tra settore *ICT-producing* e settore *ICT-using*. Anche se i diversi lavori sembrano mostrare che c'è accordo sul fatto che la crescita della TFP sia avvenuta nel settore *ICT-producing* e sia dovuta alle innovazioni tecnologiche nel settore dei semiconduttori e dei computer, ma c'è disaccordo sul fatto che la crescita della TFP sia anche aumentata nel settore *ICT-using* nella seconda metà degli anni novanta (Gordon, 2000; Jorgenson e Stiroh, 2000; Oliner e Sichel, 2000; CEA, 2001).

In particolare, Jorgenson (2001) attribuisce due terzi della crescita della TFP nel periodo 1995-1999 alla R&S realizzata nel settore dei semiconduttori e dei computer. Quest'ultima ha contribuito alla diminuzione dei prezzi registrata negli anni 1994-1999 che è stata il risultato della diminuzione del prezzo di computer e telecomunicazioni di circa il 90%. In tale modo, l'aumento della produttività nel settore *ICT-producing* ha contribuito alla crescita dell'intera economia.

Stiroh (2001) si sofferma sulla crescita della produttività negli anni 90 in 61 diversi settori industriali egli trova che le industrie che hanno investito fortemente in ICT hanno accresciuto la loro produttività molto più rapidamente delle altre. Infine, da una

comparazione dei settori industriali Stiroh conclude che il *revival* della produttività aggregata è interamente dovuto alle industrie che producono ICT o che lo usano intensamente; le industrie che non usano le ICT danno, al contrario, un contributo quasi nullo al *revival* di produttività.

Jorgenson e Stiroh (1999) utilizzano il modello sviluppato da Jorgenson et al. (1987) per allocare le fonti della crescita economica. Il lavoro presenta una scomposizione della crescita aggregata dell'industria statunitense. I risultati mostrano che la crescita della produttività è un processo complicato ed eterogeneo impossibile da catturare in una singola misura aggregata di crescita della TFP. Solo esaminando le componenti dell'industria è possibile capire l'analisi del processo di crescita. In particolare, il modello si articola in due stadi: nel primo si definisce la funzione di produzione per ciascuna industria esprimendo l'output come funzione del capitale, lavoro, energy, input materiali e il livello della tecnologia. Nel secondo stadio si utilizza la metodologia di Domar per aggregare le industrie ed ottenere la misura della produttività dell'intera economia. I risultati ottenuti mostrano l'importanza delle industrie high-tech, includendo sia quelle che producono computer, semiconduttori, sia quelle che si occupano di comunicazione che accrescono rapidamente l'output e la produttività.

Molti lavori documentano l'aumento della produttività negli ultimi cinque anni sia nelle industrie del settore *ICT-using* sia per quelle del settore *ICT-producing* (Whelan 2000; Jorgenson e Stiroh, 2000; Oliner e Sichel, 2002; CEA, 2001; Baily e Lawrence, 2001). Una più recente evidenza (Dedrick et al. 2003) suggerisce che la crescita della TFP è aumentata nel settore *ICT-using* e più significativamente è aumentata nel settore dei servizi dove storicamente sono esistite delle difficoltà di misurazione. Anche Triplett e Bosworth (2000) studiano tale relazione concentrandosi sul settore dei servizi. Essi sostengono che le fonti del miglioramento della crescita della produttività del lavoro nel settore dei servizi sono la crescita della TFP, le *ICT capital deepening* e l'aumento dell'uso dell'*outsourcing*. Ritengono, però, che la TFP rappresenta il fattore dominante dell'accelerazione della produttività nell'industria dei servizi negli anni successivi al 1995. Essi hanno mostrato che la crescita della produttività è aumentata soprattutto nelle industrie che usano le ICT più intensamente.

Altri autori hanno mostrato che l'aumento della produttività nel settore manifatturiero è stata più elevata rispetto a quella dei servizi. Anche se qualche recente lavoro ha evidenziato che l'aumento della produttività in quest'ultimo settore è comparabile con quello del settore manifatturiero, e che tali aumenti sono stati presenti per tutto il decennio degli anni novanta.

Per concludere, oggi la gran parte delle analisi svolte a livello industriale mostrano rendimenti positivi degli investimenti ICT che si manifestano nella crescita della produttività del lavoro dovuta sia al *capital deepening* sia alla crescita della produttività totale dei fattori.

9. L'evidenza degli investimenti ICT negli studi effettuati a livello di impresa

Dedrick et al. (2003) affermano che anche se gli investimenti in ICT migliorano la produttività aggregata ciò non implica che le singole imprese godano degli stessi benefici; infatti, l'esistenza della relazione deve essere verificata anche a tale livello. Questa affermazione è una delle ragioni per condurre degli studi anche a livello microeconomico.

Come per il livello industriale ed il livello aggregato, anche a livello di impresa gli studi compiuti tra gli anni ottanta e novanta in molti casi hanno mostrato che esisteva una debole, e in alcuni casi non esistente, relazione tra gli investimenti in ICT e la produttività nelle piccole imprese (Brynjolfsson e Hitt: 1996, 2000; Brynjolfsson e Yang: 1996).

Tuttavia, negli ultimi anni i risultati degli studi effettuati a tale livello hanno mostrato, in misura maggiore rispetto agli studi condotti ad altri livelli, che esistono rendimenti positivi per gli investimenti in ICT in parte perché è più semplice misurare l'output di singoli settori ed in parte per gli aggiustamenti e per i miglioramenti della qualità. Gli studi compiuti sul settore dei servizi, dove misurare l'output è notoriamente difficile, mostrano una debole, oppure inesistente, relazione.

Molti di questi lavori si focalizzano sulla produttività del lavoro e sul rendimento dell'uso dei computer e non sull'impatto della TFP o sull'impatto che le ICT hanno sulle *performance* delle imprese.

Brynjolfsson (1993) ha studiato l'ipotesi se la rapida crescita degli investimenti in IT sia responsabile di importanti cambiamenti organizzativi i quali modificano l'attività economica delle piccole imprese. Egli esamina tale ipotesi usando dati a livello industriale sul capitale IT ed utilizzando quattro classi dimensionali di imprese. I risultati mostrano che gli investimenti in IT sono correlati positivamente con una minore dimensione delle imprese.

I risultati mostrano, inoltre, che gli effetti dell'IT sull'organizzazione sono più pronunciati con un ritardo di due o tre anni. Ancora una volta, i risultati ottenuti mostrano correlazione che non implica causalità. Brynjolfsson e Hitt (2000) hanno trovato che il rendimento degli investimenti in ICT non si vede soltanto nell'aumento della produttività del lavoro ma anche nella crescita della produttività totale dei fattori e che l'impatto della crescita della TFP è massimizzato con un ritardo dai 4 ai 7 anni.

I lavori compiuti dopo il 1993 si concentrano su analisi econometriche della funzione di produzione relativa all'output delle imprese e ad un dato set di input che include le ore di lavoro, il capitale non-ICT, e lo stock di capitale ICT. Questi lavori stimano il prodotto marginale oppure l'elasticità del capitale ICT rispetto all'output. I risultati, di ciascuno di questi studi, mostrano che gli investimenti in ICT contribuiscono alla produttività delle imprese con elevati ed evidenti rendimenti marginali rispetto agli investimenti non-ICT. Il fatto che gli economisti trovano una forte correlazione tra il

capitale ICT e la produttività, che non era evidente nei precedenti lavori, può evidenziare che i dati più recenti mostrano tale relazione e che nel lungo periodo le imprese hanno un migliore rendimento del capitale ICT.

Anche Brynjolfsson e Hitt (2003) stimano il tasso di crescita della produttività totale dei fattori in modo molto simile a quella di Oliner e Sichel (2000) e Jorgenson e Stiroh (2000) esprimendo la funzione in tassi di crescita (funzione che è stata sintetizzata nell'equazione 2.4). Successivamente, stimano il contributo dei computer sulla TFP. I loro risultati su 527 imprese per il periodo 1987-1994 mostrano che nel breve periodo il contributo del capitale ICT può essere approssimato al suo costo. Tuttavia, al crescere del periodo il contributo aumenta sostanzialmente, suggerendo che il capitale ICT contribuisce in maniera sostanziale alla crescita della produttività totale dei fattori.

Gilchrist et al. (2001) stimano una funzione di produzione Cobb-Douglas con la metodologia GMM, usando lo stesso database di Brynjolfsson e Hitt (2000), e si focalizzano sulle industrie manifatturiere mostrando che le ICT hanno un sostanziale e contemporaneo impatto sia sulla crescita della produttività del lavoro sia sulla crescita della TFP nel settore dei beni durevoli. Oltre a questi studi, condotti per l'economia statunitense, pochi altri studi sono stati condotti in altri paesi. Greenan et al. (2001) analizzano i dati negli investimenti in ICT sulla produttività delle imprese francesi e trovano che i loro risultati sono consistenti con quelli di Brynjolfsson e Hitt (1996) e Lichtenberg (1995) per gli USA. Al contrario, Lal (2001) non trova alcuna relazione tra gli investimenti in ICT e la produttività nell'industria manifatturiera indiana. Questo è consistente con i successivi studi cross-country per i paesi sviluppati di Dewan e Kraemer (2000) e Pohjola (2001). Dall'analisi di tali lavori si evince che mentre la relazione è consistente per i paesi sviluppati, la stessa relazione non vale per i paesi in via di sviluppo.

Nella tabella 2.8 abbiamo riportato i principali risultati dei lavori compiuti a livello microeconomico. Lichtenberg (1993) esamina il contributo sull'output sia del capitale sia del lavoro ICT utilizzando due diverse fonti: Computerworld e Informationweek. L'uso di due diverse fonti di dati ha lo scopo di verificare l'attendibilità dei dati. Egli stima una funzione di produzione che incorpora il capitale ICT (e il lavoro) oltre agli input non-ICT. La prima fonte è la stessa che viene utilizzata da Brynjolfsson e Hitt. I dati Computerworld sono utilizzati per gli anni 1988-92 mentre i dati Informationweek sono stati utilizzati per gli anni 1988-93. Entrambe le stime effettuate portano a risultati simili e indicano che il coefficiente del capitale in ICT è positivo e significativo. I risultati delle stime sono simili anche a quelli di Lawrence e Tokutsu anche se, questi ultimi, utilizzano una funzione di costo e non una funzione di produzione.

Tab. 2.8: Lavori a livello di impresa

Autore(i), anno	Livello analisi	Risultati	Paesi	Periodo	Dati utilizzati
Alpar e Kim, 1991**	Servizi	It is cost saving, labor saving, and capital using	USA	n.r.	Large number of banks
Barua et al., 1995*	Manifatturiero	IT improves intermediate output if not final output	USA	n.r.	60 Business units in 20 US Companies
Bender, 1986**	Servizi	Weak relationship between IT and various performance ratios	n.r.	n.r.	LOMA insurance data for 132 firms
Brynjolfsson e Hitt, 1995	Manifatturiero	$\ln Y = 0.0061 \ln K_t + 0.0462 \ln K_t + 0.0274 \ln(WL_t) + 0.905 \ln(COGS - W_t L_t)$	USA	1987-91	Computerworld
Brynjolfsson e Hitt, 2000	Cross-sector	$Y = 0,0169K_t + 0,0608K_t + 0,178L_t + 0,883L_t$	U.S.A.	1988-91	Computerworld
Diewert e Smith, 1994**	Servizi	Multi factor productivity grows 9.4% per quarter over 6 quarters	Canada	n.r.	A large Canadian retail firm
Franke, 1987**	Servizi	IT was associated with a sharp drop in capital productivity and stagnant labor productivity	USA	n.r.	Finance industry data
Gilchrist et al., 2001	Manifatturiero	IT productivity is greater in IT producer firms than in user firms and in durable manufacturing	USA	1986-93	Panel of Fortune 1000 manufacturing firms
Greenan et al., 2001	Cross-sector	Gross returns to IT investment are positive and greater than returns to non-IT investment	Francia	n.r.	n.r.
Harris e Katz, 1991**	Servizi	Weak positive relationship between IT and various performance ratios	USA	n.r.	LOMA insurance data for 40
Lichtenberg 1993	Cross-sector	$Y = 0,106K_t + 0,404K_t + 0,108L_t + 0,389L_t$ (3,30) (10,8) (4,30) (7,90)	U.S.A.	1988-92	InformationWeek
		$Y = 0,110K_t + 0,374K_t + 0,061L_t + 0,472L_t$ (2,50) (4,80) (0,60) (4,40)		1988-93	Computerworld
Loveman, 1994*	Manifatturiero	IT investments add nothing to output	USA	n.r.	60 Business units in 20 US Companies
Kudyba e Diwan, 2002	Cross-sector	$Y = 0,122K_t + 0,227K_t + 0,228L_t + 0,306L_t$ (2,93) (9,97) (4,92) (4,92)	USA	1995	Informationweek
		$Y = 0,163K_t + 0,244K_t + 0,223L_t + 0,244L_t$ (3,32) (10,44) (4,43) (8,40)		1996	
		$Y = 0,184K_t + 0,232K_t + 0,094L_t + 0,392L_t$ (3,24) (7,59) (1,63) (10,41)		1997	
Parsons et al., 1990**	Servizi	IT coefficient in translog production function small and often negative	n.r.	n.r.	Internal operating data from 2 large banks
Pulley & Braunstein, 1984**	Servizi	Significant economies of scope	n.r.	n.r.	An info-service firm
Strassmann, 1985	Servizi	No correlation between IT spending and firm	USA	n.r.	Computerworld survey of 38 US companies
1990***					

* Fonte Dedrick et Al., 2003; ** Fonte: Brynjolfsson e Yang, 1996; In parentesi la t-statistica

Sempre nella tabella 2.8, Kudyba e Diwan (2002) usano per le loro verifiche empiriche la funzione di produzione di tipo Cobb-Douglas, che stimano per gli anni 1995, 1996 e 1997, descritta nel paragrafo precedente. I risultati mostrano che l'investimento in IT ha avuto un contributo statisticamente significativo sull'output a livello di imprese. In particolare, gli autori stimano un'elasticità del capitale IT crescente durante i tre anni considerati; mentre l'elasticità del capitale non-IT prima cresce e poi decresce, sempre nello stesso periodo. Il lavoro non IT segue lo stesso andamento di quest'ultimo mentre l'elasticità del lavoro IT è decrescente per tutto il periodo.

Brynjolfsson e Hitt (1995) stimano una funzione di produzione usando la seguente specificazione:

$$\ln Y = a_1 \ln K_1 + a_0 \ln K_0 + b_1 \ln(W_t L_t) + b_0 \ln(COGS - W_t L_t)$$

dove; Y , K_1 e K_0 indicano, rispettivamente, la produzione, il capitale IT ed il capitale tradizionale mentre $COGS$ rappresenta il costo dei beni e W_t il computer labor. I loro risultati mostrano che sia il coefficiente del capitale ICT sia quello del lavoro ICT sono entrambi positivi e significativi. Il coefficiente del lavoro ICT è quattro volte più ampio del coefficiente del capitale ICT e questo è, apparentemente, anomalo perché le imprese spendono di più nel capitale ICT.

Sempre nella stessa tabella sono riportati alcuni risultati degli studi effettuati sull'importanza che le ICT rivestono nel settore dei servizi. I risultati di tali lavori sono simili a quelli del settore manifatturiero anche se in questo caso è prevalente la conclusione che gli investimenti in ICT evidenziano solo una debole relazione con la crescita dell'output.

Conclusioni

Gli studi empirici effettuati sulla relazione esistente tra gli investimenti (e di conseguenza il capitale) ICT e la crescita della produttività si prefiggono due obiettivi: il primo è quello di misurare la crescita della produttività multifattoriale o produttività totale dei fattori, il secondo scopo è quello di misurare la crescita del *capital deepening* e quindi una maggiore dotazione di capitale per lavoratore; quest'ultimo implica uno spostamento lungo la funzione di produzione.

La relazione di crescita tra ICT e produttività è stata analizzata a diversi livelli, perché un aumento della produttività assume diversi significati a diversi livelli. A livello macroeconomico un aumento della produttività del lavoro implica un aumento dell'efficienza d'uso delle risorse mentre a livello microeconomico l'impatto delle

nuove tecnologie si ha soprattutto come attività di coordinamento tra le organizzazioni. Inoltre, le ICT sono capaci di fondamentali contributi nei processi aziendali e nelle strutture organizzative che possono aumentare la TFP.

A livello macroeconomico l'analisi è concentrata soprattutto su esercizi di contabilità della crescita (*growth accounting*). Il tasso di crescita della produttività media del lavoro è scomposto in due parti: una dovuta all'aumento dello stock di capitale per lavoratore (*capital deepening*) ed un'altra residuale dovuta al progresso tecnologico e organizzativo (*total factor productivity*). In tali lavori si studia la produttività focalizzandosi sul capitale inteso come impianti e macchinari usando le misure aggregate del capitale che includono le sue componenti non tradizionali, etichettate come ICT, e le tradizionali forme di capitale, etichettate come non-ICT.

I diversi lavori mostrano risultati differenti. In particolare, gli studi più recenti (dalla metà degli anni novanta in poi) hanno evidenziato una relazione positiva e significativa dei rendimenti dell'investimento in ICT ed in alcuni casi i rendimenti sono molto più elevati rispetto ad altri investimenti. Mentre i lavori effettuati dalla metà degli anni ottanta alla metà degli anni novanta, prima del boom di internet e dell'avvento della *New Economy*, non hanno mostrato risultati apprezzabili e spesso hanno concluso che esisteva solo una debole, e in alcuni casi non esisteva, relazione tra gli investimenti e la crescita della produttività. È probabile che, come sostengono sia Brynjolfsson e Hitt (2002) sia Howitt (1998) che esistano dei ritardi nella manifestazione degli effetti positivi delle nuove tecnologie.

Tuttavia, è importante notare che l'evidenza a livello di impresa ha mostrato sempre dei risultati positivi, dimostrando che nei dati microeconomici è più facile cogliere gli effetti degli investimenti effettuati.

Le analisi svolte a livello microeconomico sono effettuate con metodologie parametriche utilizzando diversi metodi di stima: OLS, IV, logit, e modelli panel.

Come hanno mostrato Brynjolfsson e Hitt (1995, 1996) l'impatto sulla produttività degli investimenti in ICT varia fortemente tra le diverse imprese. In altre parole, qualche impresa utilizza le ICT in modo più produttivo rispetto alle altre (*firm effects*). Le cause possono essere attribuite a due fattori: a) alcune caratteristiche delle imprese sono idiosincratice, così come alcuni mercati, dovute alla rigidità nella struttura dei costi; b) vi sono specifiche caratteristiche della struttura organizzativa, strategie, e pratiche del management che possono essere molto importanti nell'utilizzo delle ICT. Infatti, Dedrick et al. (2003) sostengono che l'esperienza del management e gli investimenti complementari spiegano parte delle variazioni nei pay-off delle ICT.

Capitolo 3

*Il paese guida ed i paesi inseguitori.
Stati Uniti, Francia, Germania e Italia a confronto.*

SOMMARIO: Introduzione - 1. La produttività del lavoro e le nuove tecnologie -1.1. La classificazione delle industrie ICT e non-ICT - 1.2. Il contributo delle singole industrie alla crescita della produttività del lavoro - 2. Gli Investimenti delle industrie ICT - 3. La determinazione dello stock di capitale - 4. La total factor productivity e le nuove tecnologie - 4.2. TFP ed industrie ICT e non-ICT - 5 TFP e produttività del lavoro nelle industrie ICT e non-ICT - Conclusioni - Appendice al capitolo 3

Introduzione

In questo capitolo ci soffermeremo sull'importanza dell'*Information and Communication Technology* (ICT) per la crescita economica. Analizzeremo la composizione dell'industria ICT e la suddivisione della stessa in *Communication Technology* (TLC) ed *Information Technology* (IT), sottolineando che le due industrie stanno sperimentando un processo di convergenza; infatti, oggi si parla di industria ICT.

Come abbiamo accennato nei precedenti capitoli le tecnologie, prodotte da tali industrie, rappresentano solo una condizione necessaria, ma non sufficiente, per il passaggio al nuovo paradigma, il quale non si riferisce soltanto alla diffusione di nuovi prodotti o processi, ma anche ai cambiamenti organizzativi, derivanti dalla diffusione dell'*Information and Communication Technology*.

L'importanza di tale industria è testimoniata dal grande successo di mercato di alcuni suoi prodotti ed applicazioni (telefoni cellulari, internet) e ciò contribuisce a rendere le ICT uno dei processi più interessanti degli ultimi decenni per velocità di diffusione e pervasività degli effetti nell'utilizzo nella vita delle imprese e nella società in generale.

Gli effetti delle nuove tecnologie sono analizzati in studi teorici ed empirici ed evidenziano l'importanza sia in termini diretti (fatturato di settore, occupazione nel settore, investimenti, incidenza sul Pil) sia indiretti (crescita della produttività e dell'occupazione in altri settori).

L'analisi del ruolo delle ICT, così come quello di altre innovazioni, può essere effettuata, sia a livello microeconomico, perché tali innovazioni consentono alle imprese di migliorare la propria competitività (questo aspetto sarà studiato nel capitolo successivo); sia a livello macroeconomico, perché permettono di accrescere l'efficienza dei fattori di sviluppo di un paese.

In questo capitolo ci soffermeremo su questo secondo aspetto, confrontando la crescita economica degli Stati Uniti con quella della Germania, della Francia e dell'Italia. Stimeremo le misure di produttività parziale e totale e per fare ciò calcoleremo lo stock di capitale con il metodo dell'inventario permanente. I nostri risultati mostrano le differenze sottostanti tra l'economia statunitense e le economie europee. Differenze che si sono affermate, soprattutto, nell'ultimo quinquennio. Ciò è da attribuire, in modo particolare, ad elementi strutturali legati alla diffusione delle ICT.

Le fonti della più rapida crescita economica sono attribuite sia al *capital deepening* sia alla crescita della produttività totale dei fattori, quest'ultima legata, soprattutto al settore ICT. Per quanto riguarda le economie europee l'importanza del settore ICT non è così netta come per l'economia statunitense, ciò potrebbe essere dovuto ad un diverso ambiente economico, produttivo ed istituzionale che rallenta il processo di adozione delle nuove tecnologie.

Il capitolo è strutturato nel seguente modo: nella prima parte misuriamo il contributo delle singole industrie, ICT e non-ICT, alla crescita della produttività del lavoro. Nella seconda parte calcoliamo lo stock di capitale con il metodo dell'inventario permanente e stimiamo la *total factor productivity*; infine, calcoliamo il contributo delle singole industrie alla crescita della produttività totale dei fattori.

1. La produttività del lavoro e le nuove tecnologie

Il primo passo per valutare gli effetti delle nuove tecnologie sulla crescita economica è quello di studiare la produttività del lavoro in quanto, come abbiamo visto nei precedenti capitoli, la maggior parte delle analisi ritiene che il crescente utilizzo delle ICT nei processi economici favorisca una significativa riduzione dei costi di produzione e di transazione ed un aumento della produttività.

Le misure di produttività utilizzate sono sia parziali sia totali. Le prime, nonostante presentino dei problemi, sono ancora molto utilizzate sia per misurare le *performance* di un paese sia per confrontare l'andamento delle economie dei diversi paesi. Il motivo per cui i tassi di crescita della produttività parziale sono ancora molto utilizzati è da fare risalire alla semplicità di calcolo ma anche al fatto che i tassi di variazione della produttività forniti dalle misure parziali non presentano sostanziali differenze rispetto ai tassi di variazione ottenuti con misure totali.

Nella tabella 3.1 sono indicati i tassi di crescita medi della produttività del lavoro, per persona occupata e per ora lavorata, per Stati Uniti, Francia, Germania e Italia. I dati che abbiamo utilizzato sono di fonte OECD (DSTI, STAN *Industrial database*: 2003) per il Pil e l'occupazione e O'Mahony e van Ark (2003) per le ore lavorate. Il periodo analizzato si riferisce agli anni 1970-2002.

I dati presentati si riferiscono sia alla produttività del lavoro per persona occupata sia alla produttività del lavoro per ora lavorata. La scelta di presentare due diverse misure di produttività è legata ai vantaggi che la seconda misura presenta perché è in grado di eliminare la differenza tra lavoratori *full time* e *part time*. Dai risultati ottenuti non si evince una sostanziale differenza, anche se i valori della produttività del lavoro per ora lavorata risultano più elevati rispetto a quelli della produttività del lavoro per persona occupata. I dati utilizzati per la Germania sono quelli della Repubblica Federale Tedesca dal 1970 al 1990 e della Germania unificata dal 1991 al 2002. È per tale ragione che nella tabella abbiamo indicato la produttività media del lavoro per il periodo 1991-95, e non il periodo 1990-95, per evitare che il tasso di crescita dal 1990 al 1991 sia influenzato dall'unificazione della due serie.

Il tasso di crescita della produttività del lavoro è stato calcolato come differenza nei logaritmi tra la produttività del lavoro del periodo t e la produttività del lavoro del periodo $(t-1)$. Mentre i dati mostrati in tabella sono calcolati come medie percentuali dei tassi di variazione annuale.

Tab. 3.1: Tassi di crescita della produttività del lavoro espressi come punti percentuali delle medie del periodo

Anni	Stati Uniti		Francia		Germania		Italia	
	Persona Occupata	Ora lavorata						
1970-80	1,05	..	2,81	..	2,57	..	3,29	..
1980-90	1,33	1,37	2,11	2,94	1,32	2,07	1,42	1,73
1990-95	1,24	1,30	0,99	1,52	1,92(*)	2,13(*)	1,48	1,95
1995-00	1,98	1,89	1,22	1,59	0,86	1,46	0,63	0,53
1995-01	1,74	1,77	1,11	1,66	0,78	1,43	0,64	0,71
1995-02	1,01	..	0,78	..	0,41	..

fonte: Nostre elaborazioni su dati OECD e O'Mahony e van Ark

(*) Il valore si riferisce al periodo 1991-95

Dai risultati ottenuti notiamo che per gli Stati Uniti i tassi di crescita di entrambe le misure di produttività sono molto simili mentre, per gli altri paesi, i tassi di crescita della produttività del lavoro per ora lavorata sono sempre più elevati rispetto a quelli della produttività del lavoro per persona occupata, tranne nel caso dell'Italia per il periodo 1990-95. Nella tabella notiamo, inoltre, che i tassi di crescita medi della produttività del lavoro, sia per ora lavorata sia per persona occupata, delle tre economie Europee, fino al 1995 erano sempre più elevati rispetto a quelli degli Stati Uniti,

successivamente c'è stata un'inversione di tendenza, ad eccezione del valore della produttività del lavoro per persona occupata della Germania per il 1980-90 e della Francia per il 1990-95.

È importante notare, inoltre, come il tasso di crescita medio per Germania, Francia ed Italia, era di circa il 3% negli anni 1970-80 e da tale periodo comincia la fase di declino.

I risultati che abbiamo ottenuto sono simili a quelli di Pilat e Wolfe (2004). Gli autori stimano un tasso di crescita della produttività del lavoro per ora lavorata per gli Stati Uniti dell'1,12% per il periodo 1990-95 e di 1,74% per il periodo 1996-02. I nostri risultati, per lo stesso paese mostrano un tasso di crescita di 1,30% per il periodo 1990-95 e di 1,77% per il periodo 1995-01. I valori sono simili anche nel caso della Germania, per la Francia e l'Italia c'è qualche piccola differenza in quanto i periodi analizzati non coincidono fedelmente. Nella tabella precedente si evince che nella seconda metà degli anni novanta negli Stati Uniti si verifica un *revival* di produttività mentre, nei paesi Europei, si verifica uno *slowdown* di produttività, simile a quello registrato nel paese statunitense nel quinquennio precedente.

Gordon (2004) sottolinea come l'Europa in cinque anni sia riuscita a perdere tutto il *catching-up* conquistato in alcuni decenni, ottenuto fino alla prima metà degli anni novanta, nei confronti degli Stati Uniti. Così, oggi l'Europa registra un ritardo di circa un quinquennio, spiegabile da un lato sulla base del vantaggio strutturale dell'economia statunitense nello specifico settore produttivo, dall'altro in termini di rigidità strutturali nelle economie europee, le quali ostacolerebbero la diffusione delle tecnologie ICT: scarsità di lavoro qualificato per lo sviluppo del settore, assetti aziendali poco flessibili, limiti allo sviluppo delle imprese e barriere all'adozione delle nuove tecnologie.

1.1. La classificazione delle industrie ICT e non-ICT

L'OECD (2001b) ha fornito una definizione del settore ICT che si basa sia sull'aggregazione delle attività economiche che producono le nuove tecnologie (*ICT-producing*), sia sull'aggregazione delle attività che le utilizzano in modo estensivo nei processi di produzione (*ICT-using*).

La disaggregazione è operata nel settore sia manifatturiero sia dei servizi, ed è basata sui seguenti principi:

i) le industrie del settore manifatturiero identificate come ICT sono quelle che realizzano prodotti utilizzabili per il trattamento e l'elaborazione delle informazioni, oppure per funzioni di comunicazione. Alle precedenti industrie si sommano quelle che sviluppano prodotti per la trasmissione e la visualizzazione dei dati; prodotti che

utilizzano processi elettronici per rilevare, misurare, registrare o controllare fenomeni fisici.

ii) le industrie del settore dei servizi incluse nell'ambito ICT sono quelle che offrono servizi di trattamento ed elaborazione delle informazioni e servizi di comunicazione, mediante l'uso di strumenti elettronici.

La disaggregazione delle industrie ICT è sintetizzata nella tabella 3.2, nella quale è stata indicata la classificazione ISIC Rev. 3 ed il nome dell'industria.

Tab. 3.2: La disaggregazione delle industrie in ICT e non-ICT

ISIC Rev. 3	<i>ICT – producing industries</i>
	<i>ICT – producing manufacturing</i>
30	Office, accounting and computing machinery
313	Insulated wire and cable
321	Semiconductors and other electronic components
322	Communication and broadcasting equipment
323	Radio and TV receivers
331	Medical and measuring equipment and industrial process control
	<i>ICT – producing services</i>
64	Post and telecommunications
72	Computer and related activities
	<i>ICT – using industries</i>
	<i>ICT – using manufacturing</i>
18	Wearing apparel, dressing and dying of fur
22	Printing and publishing
29	Machinery and equipment
31,excl. 313	Electrical machinery and apparatus, excluding insulated wire
33,excl. 331	Precision and optical instruments, excluding ICT instruments
351	Building and repairing of ships and boat
353	Aircraft and spacecraft
352+359	Railroad equipment and transport equipment
36-37	Miscellaneous manufacturing and recycling
	<i>ICT – using services</i>
51	Wholesale trade
52	Retail trade
65	Financial intermediation
66	Insurance and pension funding
67	Activities related to financial intermediation
71	Renting of machinery and equipment
73	Research and development
741-743	Professional business services

<i>Other manufacturing</i>	
15-16	Food products, beverages and tobacco
17	Textiles
19	Leather, leather products and footwear
20	Wood and products of wood and cork
21	Pulp, paper and paper products,
23	Coke, refined petroleum products and nuclear fuel
24	Chemical, and chemical products
25	Rubber and plastics products
26	Non-metallic mineral products
27	Basic metals
28	Fabricated metal products
34	Motor vehicles, trailers and semi-trailers
<i>Other services</i>	
50	Repairs
55	Hotels and restaurants
60-63	Transport and storage
70	Real estate activities
745-749	Other business services (non-professional)
75	Public admin. and defence; compulsory social security
80	Education
85	Health and social work
90-93	Other community, social and personal services
95	Private households with employed persons
99	Extra-territorial organisations and bodies
<i>Other industries</i>	
01-05	Agriculture, hunting, forestry and fishing
10-14	Mining and quarrying
40-41	Electricity, gas and water supply
45	Construction

Come accennato in precedenza le attività sono distinte in ICT-producing industries, ICT-using industries e Less-intensive ICT-using industries. Le prime due sono, inoltre, distinte in ICT-producing & using manufacturing e ICT-producing & using services, mentre le ultime sono distinte in other manufacturing, other services e other industries. Di queste ultime fanno parte il settore agricolo, il minerario, l'elettricità e le costruzioni.

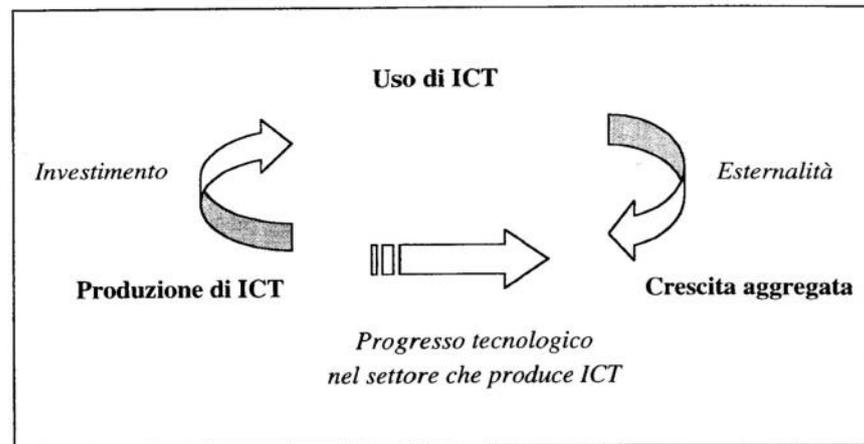
Nelle analisi che seguiranno sono state adottate, dove possibile, le disaggregazioni presentate nella tabella 3.2.

La suddivisione del settore ICT in *using* e *producing* è importante per il diverso contributo che i due settori danno alla crescita economica. Il settore che produce le nuove tecnologie può aiutare la crescita a livello aggregato sia in maniera indiretta, mediante il rapido sviluppo della domanda di tali prodotti rispetto ad altri settori, sia in maniera diretta, mediante una più elevata produttività dello stesso settore. Questo perché gli effetti delle ICT sulla crescita economica possono avvenire attraverso due canali: uno relativo alla produzione delle ICT e l'altro relativo alla diffusione delle ICT. Infatti, spesso si fa riferimento alla duplice natura dei beni ICT come beni di investimento e come beni di consumo finali.

Tale processo è sintetizzato nella figura 1. Come accennato, nella figura notiamo che il settore che produce i beni ICT può alimentare la crescita sia direttamente, in questo modo si genera un beneficio derivante direttamente dal progresso tecnologico prodotto in tale settore; sia indirettamente, perché i beni prodotti dal settore ICT costituiscono una forma di investimento per gli altri settori economici; in tale modo le tecnologie ICT si diffondono in tutta l'economia. Entrambi gli aspetti sono stati alimentati dal rapido declino dei prezzi delle apparecchiature tecnologiche che hanno favorito la sostituzione di differenti tipi di capitale in favore dei beni ad alta tecnologia.

L'investimento in ICT, da parte di chi utilizza i beni prodotti da tale settore come input per la produzione di altri beni, determina una maggiore dotazione di capitale a disposizione degli occupati. Inoltre, l'utilizzo delle ICT grazie alle esternalità che caratterizzano tali beni determinerebbe un'ulteriore crescita della produttività aggregata, oltre a quella dovuta al progresso tecnologico nel settore che produce ICT. Infatti, le ICT producono benefici che vanno oltre quelli che affluiscono agli investitori del capitale tradizionale.

Fig. 3.1 - Il ruolo delle ICT nell'economia



Un esempio di esternalità potrebbe essere quello che si ha per le imprese che fanno parte di un network e, di conseguenza, effettuano le loro transazioni via internet. In tale caso ogni nuova connessione è vantaggiosa sia per l'investitore sia per gli altri membri del gruppo. Così, il fatto stesso di fare parte della rete determina un incremento della produttività delle imprese partecipanti che si traduce, a sua volta, in un aumento della produttività a livello aggregato.

Gli effetti positivi delle ICT sulla crescita economica sono, soprattutto, legati al settore ICT-using; infatti, una crescita attribuibile all'effetto dell'adozione delle nuove tecnologie può essere presente anche in paesi che non dispongono di un settore di produzione ma la cui economia risulta essere caratterizzata da un ampio sviluppo nei settori ICT-using in seguito ai miglioramenti nella produttività ed in virtù dell'impatto positivo che l'investimento in nuove tecnologie apporta alla crescita degli investimenti totali e quindi all'economia. In tale caso risultano importanti le capacità degli agenti riguardo la gestione dell'informazione e dell'organizzazione. Al contrario, la crescita del settore ICT-producing da sola non è sufficiente per mostrare gli effetti positivi delle ICT sulla crescita economica.

Pertanto, gli effetti delle ICT dipendono, in maniera cruciale, dalla capacità di introdurre le nuove tecnologie all'interno del sistema produttivo. L'interazione tra ICT, organizzazione aziendale e capitale umano è importante per ottenere le migliori performance dalle nuove tecnologie.

Le tecnologie ICT favoriscono, inoltre, l'introduzione di nuovi beni, di nuovi processi e la conquista di nuovi mercati che sono necessari per ottenere un tasso positivo di crescita. Inoltre, il processo di adozione delle nuove tecnologie stimola l'accumulazione del capitale che, come vedremo più avanti, rappresenta un fattore determinante per la crescita economica.

1.2. Il contributo delle singole industrie alla crescita della produttività del lavoro

Per calcolare il contributo dato da ogni singola industria al tasso di crescita della produttività del lavoro utilizzeremo il modello formulato dall'OECD (2001b) e stimato tra gli altri anche da Pilat e Wyckoff (2003), su dati OECD, e da van Ark (2002), su dati O'Mahony e van Ark (2001).

Nel manuale delle misure della produttività l'OECD afferma che per misurare la produttività si può utilizzare sia il valore aggiunto sia il prodotto lordo. Spesso, però, è preferito il valore aggiunto per un problema di reperibilità dei dati.

Per analizzare il modello partiamo dall'equazione della produttività, simile a quella vista in precedenza, ma con la metodologia utilizzata dall'OECD. Ricordiamo che la misura della produttività del lavoro nell'industria j (π^j) può essere sintetizzata nel seguente modo:

$$\pi^j = \hat{VA}^j - \hat{L}^j$$

dove:

\hat{VA}^j = indica il tasso di variazione del valore aggiunto reale nell'industria j

\hat{L}^j = indica il tasso di variazione dell'input del lavoro nell'industria j.

In tale modo si può ottenere il tasso di crescita della produttività del lavoro in ogni singola industria.

Per calcolare il contributo che ogni industria fornisce al tasso di crescita della produttività dell'intera economia bisogna costruire un "peso" in modo da ottenere il tasso di variazione aggregato del valore aggiunto come una media pesata del tasso di variazione del valore aggiunto di ogni specifica industria. Avremo, così:

$$\hat{VA} = \sum_j (s_{VA}^j \cdot \hat{VA}^j)$$

dove \hat{VA} indica il tasso di variazione del Pil dell'intera economia e s_{VA}^j il peso del valore aggiunto del settore j ottenuto come:

$$s_{VA}^j = \frac{P_{VA}^j VA^j}{P_{VA} VA} \quad \text{e} \quad P_{VA} VA = \sum_j P_{VA}^j VA^j$$

P sono i prezzi della singola industria, pertanto $P_{VA} VA$ indica il valore aggiunto a prezzi correnti nell'intera economia mentre $P_{VA}^j VA^j$ indica il valore aggiunto a prezzi correnti dell'industria j.

Allo stesso modo si può procedere per il lavoro. L'aggregazione a livello industriale del lavoro è ottenuta pesando il tasso di crescita delle ore di lavoro dell'industria per il costo del lavoro di ogni industria. Analiticamente, si avrà:

$$\hat{L} = \sum_j (s_L^j \cdot \hat{L}^j)$$

Di nuovo il peso è ottenuto come rapporto fra il costo del lavoro in ogni singola industria e il costo del lavoro dell'intera economia. Avremo così:

$$s_L^j = \frac{w^j L^j}{wL} \quad \text{e} \quad wL = \sum_j w^j L^j$$

La crescita della produttività aggregata del lavoro è definita come differenza tra la crescita aggregata del valore aggiunto e la crescita aggregata dell'input del lavoro:

$$\Pi = \sum_j (s_{VA}^j \hat{VA}^j - s_L^j \hat{L}^j)$$

Il contributo di una singola industria alla crescita aggregata della produttività del lavoro sarà pari a:

$$s_{VA}^j \hat{VA}^j - s_L^j \hat{L}^j$$

oppure può essere espresso come differenza tra il suo contributo al valore aggiunto totale e il totale dell'input del lavoro. Se $s_{VA}^j = s_L^j$, la crescita della produttività totale del lavoro è semplicemente una media pesata della crescita della produttività del lavoro di una specifica industria.

Per calcolare il contributo dell'industria alla crescita della produttività del lavoro degli Stati Uniti, Germania, Francia e Italia abbiamo utilizzato le seguenti variabili del database dell'OECD: DSTI, STAN Industrial database (2003) e Economic Outlook No 74.

i) Valore aggiunto: *Value Added at current prices* espressa in *USD* millions per gli Stati Uniti, in 1999 *FRF euro, EUR from 1999, millions* per la Francia, in 1999 *DEM euro, EUR from 1999, millions* per la Germania e 1999 *ITL euro, EUR from 1999, millions* per l'Italia. La variabile è stata deflazionata con: *Deflator for GDP at Market Prices*.

ii) Lavoro: *Total employment, number engaged* espressa in migliaia.

iii) Costo del lavoro: *Labour compensation of employees* espressa in *USD* millions per gli Stati Uniti, in 1999 *FRF euro, EUR from 1999, millions* per la Francia, in 1999 *DEM euro, EUR from 1999, millions* per la Germania e 1999 *ITL euro, EUR from 1999, millions* per l'Italia.

I risultati che abbiamo ottenuto sono sintetizzati nella tabella 3.3, in essa è indicato il contributo delle industrie ICT e non-ICT alla crescita della produttività del lavoro, distinguendo le prime in *ICT-producing* e *ICT-using* nei due principali settori dell'economia.

I risultati disaggregati della tabella 3.3 per ogni singola industria sono presentati nell'appendice di questo capitolo. Nella tabella sono riportati i dati del periodo 1970-2000, non sono stati utilizzati gli anni 2001 e 2002 per una carenza eccessiva di dati. Inoltre, anche in questa tabella il periodo 1990-95 per la Germania è stato sostituito con il periodo 1991-95.

I risultati mostrano, al pari di altri lavori, che mentre per gli Stati Uniti il contributo del settore ICT è aumentato nel corso dei periodi analizzati e, in particolare, dal 1990-95 al 1995-00 è passato dallo 0,87% all'1,38% in Europa tale risultato non è stato raggiunto. Infatti, i tre paesi europei riducono il contributo delle industrie ICT alla crescita della produttività. In modo più dettagliato, la Francia, dalla prima alla seconda metà degli anni novanta, registra un aumento soltanto delle industrie *ICT-producing manufacturing* e del settore *ICT-using services*, la Germania aumenta il contributo delle industrie *ICT-producing manufacturing*. Infine, per l'Italia cresce soltanto il contributo

del *ICT-producing services*, ed anche il contributo del settore non-ICT non aumenta dalla prima alla seconda metà degli anni novanta.

Tab. 3.3: Contributi delle singole industrie alla crescita della produttività del lavoro, 1970-2000

	Stati Uniti				Francia				Germania				Italia			
	70-80	80-90	90-95	95-00	70-80	80-90	90-95	95-00	70-80	80-90	91-95	95-00	70-80	85-90	92-95	95-00
Total Economy	1,05	1,33	1,24	1,98	2,81	2,11	0,99	1,22	2,57	1,32	1,92	0,86	3,29	1,64	2,38	0,63
ICT-Producing industries																
<i>ICT-Producing man.</i>	..	0,12	0,10	0,07	..	0,03	0,01	0,04	0,13	0,06	0,12	0,18	..	0,01	0,00	0,00
<i>ICT-Producing services</i>	0,08	0,10	0,13	0,06	..	0,05	0,02	0,01	0,09	0,04	0,13	0,07	..	0,01	0,07	0,13
ICT-Using industries																
<i>ICT-Using manufacturing</i>	..	0,11	0,05	0,11	..	0,07	0,11	0,05	0,20	0,13	0,34	0,23	..	-0,02	0,17	0,08
<i>ICT-Using services</i>	0,03	0,30	0,59	1,14	..	0,48	-0,01	0,14	0,54	0,37	0,18	0,07	..	..	0,42	0,25
Less-intensive ICT ind.																
<i>Other manufacturing</i>	..	0,22	0,29	0,07	..	0,32	0,25	0,34	..	0,25	0,46	0,10	..	..	0,52	-0,18
<i>Other services</i>	0,39	0,67	0,29	0,66	..	0,64	0,34	0,54	0,62	0,29	0,85	0,31	..	..	0,89	0,26
<i>Other Industries</i>	0,29	0,06	-0,02	0,21	..	..	..	..	0,22	0,10	0,22	0,07	0,38	0,18	0,11	0,07
Somma dei settori	..	1,48	1,31	2,25	..	..	..	..	..	1,20	2,17	0,97	..	..	2,18	0,61
Residuo	..	-0,15	-0,07	-0,27	..	..	..	..	..	0,13	-0,26	-0,11	..	..	0,20	0,02

fonte: Nostre elaborazioni su dati OECD

In modo più specifico, il contributo delle industrie ICT alla crescita economica, dalla prima alla seconda metà degli anni novanta, diminuisce in Germania e in Italia mentre aumenta in Francia. Nonostante in quest'ultimo paese il tasso di crescita dell'intera economia sia più basso rispetto agli altri due paesi dell'Europa. In Francia, il tasso di crescita delle industrie ICT (*Producing e Using* del manifatturiero e dei servizi) passa da 0,13 a 0,24 negli anni 1990-95 e 1995-00. In Germania da 0,77 a 0,55 e in Italia da 0,66 a 0,46.

Se passiamo ad un'analisi più dettagliata a livello di settori (come si vede dalla tabella 3.3 in appendice) notiamo che i nostri risultati sembrano essere coerenti con l'ipotesi di Gordon (2004) il quale afferma che la principale differenza tra l'Europa e gli Stati Uniti si ha nelle industrie *ICT-using* come *Wholesale and retail trade* e *Financial intermediation*. Infatti, la prima industria registra negli USA un'accelerazione della crescita pari a 0,3 (0,55-0,25) punti percentuali dalla prima alla seconda metà degli anni novanta. Mentre la seconda industria, *Financial intermediation* registra un'accelerazione della crescita di 0,15 (0,50-0,35). Per quanto riguarda i tre paesi europei l'industria *Wholesale and retail trade*, nel tempo, riduce sempre il suo contributo. Al contrario, l'industria dell'intermediazione finanziaria aumenta il contributo dato alla crescita economica, in Francia da 0,03 a 0,12 ed in Italia da 0,00 a

0,08 punti percentuali. Inoltre, i nostri risultati mostrano, come quelli di van Ark et al. (2003), che tutto il differenziale di crescita della produttività tra gli Stati Uniti e l'Europa negli anni novanta deriva dalle precedenti industrie (tabella 3.3 in appendice). Le rimanenti industrie, così come afferma Gordon (2004), presentano differenziali positivi o negativi ma comunque vicini allo zero.

2. Gli investimenti delle industrie ICT

Dall'analisi effettuata nei precedenti paragrafi abbiamo visto l'importanza che le industrie ICT rivestono rispetto alla crescita della produttività del lavoro, tra le quali spiccano le industrie *ICT-using*. Inoltre, abbiamo evidenziato il ritardo che le economie europee registrano proprio in queste ultime. Per capire perché ciò sia accaduto abbiamo calcolato la percentuale di spesa delle industrie ICT sia sul totale degli investimenti sia sul Pil di ogni paese. I risultati, presentati nella tabella 3.4, evidenziano, ancora una volta, la differenza esistente tra gli Stati Uniti e le altre economie.

La prima colonna della tabella mostra la percentuale degli investimenti delle industrie ICT sul totale degli investimenti effettuati nell'economia. La seconda colonna mostra la percentuale degli investimenti in ICT in percentuale del Pil.

I dati che abbiamo utilizzato, sempre di fonte OECD, sono per gli investimenti, il *Gross Fixed Capital Formation*, e, per il Pil, il *Value Added*. Entrambe le variabili sono state utilizzate a prezzi correnti in quanto il dato finale è ottenuto come rapporto tra due variabili espresse nella stessa unità di misura.

Per l'Italia mancano alcuni settori, come il *renting of machinery and equipment and other business activities* e *post and telecommunications* per il settore ICT e, *real estate activities* per il settore non-ICT.

Per la Germania mancano i settori *renting of machinery and equipment and other business activities* e *post and telecommunications* per il settore ICT ed il settore *real estate activities* e *transport and storage* per il settore non-ICT.

Il dato relativo alla percentuale degli investimenti delle industrie ICT sul totale degli investimenti mostra, per gli USA, un valore più che doppio rispetto agli altri tre paesi, e ciò accade in tutti e tre i periodi considerati. Nell'ultimo periodo disponibile (1995-00) la differenza si accentua ancora di più. Il valore degli USA è di 71,15% contro il 29,12% della Francia, il 34,46 della Germania ed il 30,6 dell'Italia.

Al contrario, nel rapporto investimenti in ICT sul Pil il distacco esistente tra gli USA e le economie europee sembra minore; infatti, le economie europee denotano una tendenza al recupero degli investimenti specifici in ICT. Mentre la Francia e l'Italia hanno comunque un valore più basso rispetto agli Stati Uniti, la Germania ha un valore più elevato degli USA sia per la prima sia per la seconda metà degli anni novanta. Il

nostro risultato è coerente con quello ottenuto da Daveri (2002) il quale trova che gli investimenti in ICT come percentuale sul Pil nel 2001 sono pari a 8,23 per la Germania e a 7,96 per gli Stati Uniti.

Tab. 3.4: Gli investimenti delle industrie ICT

	Stati Uniti		Francia		Germania		Italia	
	InvICT su InvTOT	InvICT su Pil						
1970-80								
1980-90	53,70	4,86	24,56	4,60	23,41	2,21	25,17	2,65
1990-95	60,77	4,81	26,70	4,62	32,75	5,75	28,07	2,48
1995-00	71,15	6,01	29,12	4,62	34,46	6,08	30,60	2,67
1995-01	29,52	4,72	35,36	6,15	30,69	2,70
1995-02								

Fonte: Nostre elaborazioni su dati OECD

Quanto appena affermato risulta confortante. Infatti, da questo si può evincere che una maggiore diffusione delle ICT potrebbe consentire a tali paesi di crescere più velocemente.

Chiaramente i risultati non sono immediatamente visibili, soprattutto nei confronti degli Stati Uniti in quanto questi ultimi hanno cominciato molto tempo prima a investire in misura elevata in ICT, mentre l'Europa solo negli ultimi anni ha cercato di recuperare aumentando i livelli di investimenti relativi. Questo potrebbe spiegare perché gli investimenti effettuati in tali paesi non sono accompagnati da un simile aumento di produttività. Infatti, si può affermare che, nonostante la Germania, la Francia e l'Italia si siano impegnate nella diffusione delle nuove tecnologie, queste ultime hanno portato finora pochi guadagni in termini di produttività aggregata. Sembra che i paesi Europei stiano soffrendo la stessa situazione che colpì il paese statunitense nella prima metà degli anni novanta quando era in atto la sostituzione del capitale esistente senza avere un effetto immediato di aumento della produttività. Questo, probabilmente, è stato dovuto al fatto che le ICT non avevano ancora superato la soglia critica di diffusione di cui parlava David nel 1990. Tale ipotesi conferma quanto sostenuto da Brynjolfsson (1993) e cioè che devono trascorrere dai tre ai sette anni prima che le nuove tecnologie mostrino i loro benefici effetti.

Appare plausibile affermare che in Europa esistano ostacoli all'investimento nelle nuove tecnologie, ostacoli che possono essere legati a circostanze come la mancanza di capitale umano adeguato, la dimensione delle imprese o fattori finanziari. Anche se il fatto che le tecnologie ICT rappresentano delle *General Purpose Technologies*, le quali

facilitano le innovazioni complementari e permettono alle imprese di incrementare l'output sia attraverso l'introduzione di nuovi processi produttivi sia attraverso il miglioramento dei prodotti, dovrebbe incentivare le imprese all'adozione.

Un altro ostacolo all'adozione potrebbe essere rappresentato dall'elevato grado di incertezza dei risultati, soprattutto nel breve periodo, legati in modo particolare alla ristrutturazione aziendale necessaria per sfruttare le possibilità offerte dalle nuove tecnologie che possono implicare elevati costi fissi non recuperabili. L'incertezza legata agli investimenti in ICT può essere, però, mitigata dal fatto che queste tecnologie sono aspecifiche e possono essere utilizzate nella produzione di differenti tipi di beni. Questo permette agli imprenditori di avvalersi dell'esperienza maturata da imprese che operano anche in settori differenti dal loro e, di conseguenza, di potere controllare il risultato di tali investimenti.

3. La determinazione dello stock di capitale

La misura dello stock di capitale può essere intesa o come valore delle anticipazioni di spesa sostenute nel passato oppure come la capacità di produrre nel futuro mediante attrezzature di cui l'impresa dispone.

In particolare, quando si misura la produttività, si considera l'uso di un insieme di fattori, tra i quali le attrezzature accumulate nel tempo, il cui stock varia continuamente, in quanto alcune attrezzature si aggiungono ed altre vengono eliminate.

Per misurare lo stock di capitale abbiamo utilizzato il metodo dell'inventario permanente, il quale prevede l'entrata e l'uscita da un fondo dove i valori sono espressi a prezzi costanti, esso è equivalente ad una somma algebrica di investimenti e dismissioni, a cui è attribuito un valore monetario per potere considerare beni eterogenei.

Se si considerano i beni capitali con caratteristiche invarianti nel tempo lo stock di capitale potrà essere calcolato come la somma dello stock iniziale di capitale, che noi ipotizzeremo pari a zero, e dell'ammontare degli investimenti netti ($I - D$). Se si cumulano questi ultimi progressivamente, si ottiene lo stock di capitale in un determinato periodo:

$$K_t = K_0 + \sum_{i=1}^t (I_i - D_i)$$

dove: K_t è lo stock di capitale alla fine del periodo t ; K_0 è il valore del capitale fisso all'istante iniziale 0; I_i è l'investimento lordo dell' i -esimo periodo; D_i è l'ammortamento o consumo di capitale dello stesso i -esimo periodo.

In modo analogo, lo stock di capitale può essere calcolato come:

$$K_t = I_t + (1 - \delta)K_{t-1} \quad (3.1)$$

dove δ indica il tasso di deprezzamento degli investimenti e K_{t-1} è il valore dello stock di capitale alla fine del periodo precedente (t-1). δ è pari, per ipotesi a 25% come calcolato da Oliner e Sichel (1994). Questi ultimi, basandosi su dati del *Bureau of Economic Analysis*, stimano che il tasso annuo al quale i computer perdono valore durante il periodo 1970-1992 è in media del 24,3%. Essi incorporano la seguente funzione per stimare questa misura:

$$(\delta c - pc) = \text{tasso al quale il capitale ICT perde valore nel tempo}$$

dove δc è il tasso di deprezzamento e pc il tasso di variazione dei prezzi degli investimenti in ICT. Altri lavori hanno fissato $\delta = 15\%$ (Parisi et. al., 2002) ma i risultati delle stime non risultano essere differenti da quelli che si ottengono considerando un tasso di deprezzamento annuo del 25%.

4. La total factor productivity e le nuove tecnologie

Fino ad ora abbiamo misurato la produttività come un rapporto fra la variazione di un indice dell'output (il valore aggiunto) e la variazione di un indice dell'input (il lavoro). Un modo alternativo di misurare la variazione della produttività è quello di definirla come la variazione della quantità prodotta non spiegata dalla variazione dei fattori: un residuo che si forma grazie al cambiamento della tecnologia o al suo migliore utilizzo. Tale residuo viene spesso indicato come la produttività totale dei fattori (TFP).

La TFP è un indice che mostra come il capitale ed il lavoro sono utilizzati nel tempo per generare valore aggiunto. Concettualmente, le produttività del capitale e del lavoro non sono una misura accurata del cambiamento tecnologico, anche se rappresentano un indicatore della capacità di produzione. La TFP riflette, invece, gli effetti combinati del cambiamento tecnologico incorporato, economie di scala, cambiamento dell'efficienza, variazione della capacità di utilizzo e misura degli errori.

Inoltre, "When the capital input measure is an aggregator of detailed types of assets, each weighted by their respective user cost, and based on capital goods prices that reflect quality change, the effects of embodied technological change are picked up by the capital input term, and only disembodied technical change affects MFP (OECD, 2001a: 14).

La stima della TFP (spesso indicata come *Multifactor Productivity* - MFP) può essere effettuata con il metodo di contabilità della crescita. La contabilità della crescita è in grado di misurare la parte dell'aumento di prodotto per lavoratore (e quindi di reddito

pro-capite) dovuto all'accumulazione di capitale produttivo generato dagli investimenti e la parte dovuta alla crescita di efficienza produttiva, generata dalla crescita tecnologica e dall'innovazione.

Tale approccio si fonda sulle ipotesi generali che:

- i) esista una tecnologia di produzione omogenea;
- ii) gli operatori seguono un comportamento ottimizzante;
- ii) nel mercato dei fattori prevalga uno stato di equilibrio concorrenziale di lungo periodo.

Sotto queste ipotesi la funzione di produzione dell'industria j è data dalla quantità di output prodotto (Y_j) il quale è una funzione di input principali: capitale (K_j) e lavoro (L_j); di input intermedi: Energy (E_j) e materiali (M_j) e del livello di tecnologia (t):

$$Y_j = f_j(K_j, L_j, E_j, M_j, t) \quad j = 1 \dots n$$

Se consideriamo la funzione di produzione aggregata che esprime il Pil in funzione degli input aggregati di capitale e lavoro i beni intermedi vengono esclusi e la funzione diventa:

$$Y = f(K, L) \quad (3.2)$$

dove Y indica la produzione e K ed L rappresentano i due input, rispettivamente, capitale e lavoro. La produzione viene misurata come un flusso di beni e servizi in un determinato periodo, solitamente un anno. Il capitale ha natura di stock mentre il lavoro può assumere natura sia di stock (se viene espresso come numero di occupati in un dato istante del periodo considerato, ovvero numero medio di occupati in differenti istanti sempre compresi nel periodo) sia di flusso quando viene misurato in termini di persone-anno o di numero totale di ore lavorate.

Ritornando alla precedente forma funzionale della funzione di produzione l'equazione due può essere riscritta come una funzione di produzione Cobb-Douglas:

$$Y = A \cdot K^\alpha \cdot L^{1-\alpha} \quad (3.3)$$

dove A è un parametro di scala che esprime il cambiamento della tecnologia ed α ed $(1 - \alpha)$ rappresentano, rispettivamente, l'elasticità della produzione nei confronti del capitale e del lavoro.

Differenziando rispetto al tempo otteniamo:

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = \frac{\dot{A}}{A} + \alpha \frac{\dot{K}}{K} + (1 - \alpha) \frac{\dot{L}}{L} \quad (3.4)$$

Che rappresenta il modello di *growth accounting*.

Questa espressione indica che la crescita dell'output reale può essere scomposta nei tassi di crescita del capitale e del lavoro ponderati per le rispettive elasticità ed il tasso di crescita del "coefficiente della tecnologia" (parametro A). I primi due rappresentano movimenti lungo la curva della funzione di produzione mentre l'ultimo fornisce le traslazioni della curva stessa.

I due parametri α ed $(1 - \alpha)$ non sono direttamente osservabili ma sono agevoli da calcolare. Infatti, basta considerare il problema della massimizzazione del profitto dell'impresa con una funzione di produzione Cobb-Douglas.

Tale problema può essere sintetizzato nel seguente modo: il capitale e il lavoro vengono scelti in modo da massimizzare:

$$\pi = pAK^\alpha L^{1-\alpha} - wL - cK$$

dove p rappresenta il prezzo dell'output, w rappresenta il costo del lavoro e c il costo d'uso del capitale.

La condizione di primo ordine per la scelta dell'ammontare ottimo del lavoro da utilizzare è:

$$\frac{\partial \pi}{\partial L} = (1 - \alpha)pAK^\alpha L^{-\alpha} - w$$

Moltiplicando numeratore e denominatore per L , si ha:

$$\frac{\partial \pi}{\partial L} = (1 - \alpha)pAK^\alpha \frac{L^{1-\alpha}}{L} - w$$

Sostituendo $Y = AK^\alpha L^{1-\alpha}$ ed uguagliando a zero, otteniamo:

$$(1 - \alpha)p \frac{Y}{L} - w = 0$$

Infine, riordinando, otteniamo:

$$1 - \alpha = \frac{wL}{pY}$$

Con lo stesso procedimento per il capitale riusciamo a determinare il valore di α . La condizione di primo ordine sarà uguale a:

$$\frac{\partial \pi}{\partial K} = \alpha p A K^{\alpha-1} L^{1-\alpha} - c$$

Moltiplicando numeratore e denominatore per K e sostituendo avremo:

$$\frac{\partial \pi}{\partial K} = \alpha p \frac{Y}{K} - c$$

Infine, uguagliando a zero e riordinando, otteniamo:

$$\alpha = \frac{cK}{pY}$$

Nella nostra analisi abbiamo ipotizzato rendimenti di scala costanti e calcoleremo, pertanto, l'elasticità del capitale come differenza ad uno sull'elasticità del lavoro. Questa scelta è dovuta alle difficoltà nel reperire il dato del costo d'uso del capitale.

Abbiamo così ottenuto tutte le variabili per calcolare la TFP secondo l'equazione 3.5. In tale modo il tasso di crescita della produttività totale dei fattori sarà calcolato come:

$$\frac{\dot{A}}{A} = \frac{\dot{Y}}{Y} - \alpha \frac{\dot{K}}{K} - (1 - \alpha) \frac{\dot{L}}{L} \quad (3.5)$$

Tale equazione viene chiamata anche residuo di Solow, essa definisce il tasso di progresso tecnologico come residuo, cioè come differenza tra il tasso di variazione dell'output e il tasso di variazione dei fattori di produzione.

Se dividiamo per L entrambi i membri della funzione di produzione Cobb-Douglas (equazione 2) otteniamo:

$$\frac{Y}{L} = A \cdot L^{1-\alpha-1} \cdot K^\alpha = A \left(\frac{K}{L} \right)^\alpha \quad (3.6)$$

Dove $\frac{Y}{L}$ indica il prodotto per occupato e $\frac{K}{L}$ il capitale per occupato. La precedente equazione dimostra che la produttività media del lavoro dipende dal capitale per unità di lavoro, quindi, nel tempo la variazione della produttività del lavoro dipende dalla variazione dell'intensità di capitale.

Allo stesso modo il modello di contabilità della crescita di Solow può essere riscritto in termini di produttività del lavoro. Infatti, sottraendo $\frac{\dot{L}}{L}$ da entrambi i membri dell'equazione 4 otteniamo:

$$\frac{\dot{Y}}{Y} - \frac{\dot{L}}{L} = \frac{\dot{A}}{A} + \alpha \left(\frac{\dot{K}}{K} - \frac{\dot{L}}{L} \right) \quad (3.7)$$

In tale modo notiamo che il tasso di crescita della produttività del lavoro dipende dal tasso di crescita del progresso tecnologico $\frac{\dot{A}}{A}$ (TFP) e dal tasso di crescita del capitale per lavoratore $\left(\frac{\dot{K}}{K} - \frac{\dot{L}}{L} \right)$ (*capital deepening*).

Il *capital deepening* indica la crescita del rapporto capitale/lavoro, pertanto influisce sulla crescita della produttività di quest'ultimo fattore soprattutto perché in tale modo il capitale disponibile per ogni lavoratore si amplia sia quantitativamente sia qualitativamente offrendo nuove potenzialità. Infatti, per un dato livello di tecnologia, un aumento del *capital deepening* consente ai lavoratori di produrre di più a parità di sforzo.

Questo meccanismo di crescita, aumento dell'input per incrementare l'output, sembra non discostarsi molto dai meccanismi di crescita tradizionali, ma ciò che intendiamo verificare è se le nuove tecnologie rendono possibile un maggiore incremento nella produzione per un dato ammontare di input, ovvero accrescono la produttività totale dei fattori.

Questo termine con il quale si definisce la produttività residuale, ovvero non attribuibile ai precedenti fattori, comprende quelle forme di crescita della produttività che derivano, ad esempio, da un miglior uso congiunto dei fattori capitale e lavoro. Sulla TFP si riflettono quindi gli effetti dei cambiamenti organizzativi, come risultato di una migliore allocazione dei fattori e delle risorse, o ad esempio, gli effetti derivanti da una migliore diffusione della conoscenza o dei risultati nel campo della ricerca e sviluppo.

Jalava (2002) sottolinea che tra le assunzioni della teoria neoclassica la più importante è quella che il capitale, spesso indicato come il motore della crescita nel breve periodo, offre rendimenti decrescenti, così la crescita della produttività nel lungo periodo è attribuibile alla *total factor productivity*.

4.1. TFP ed industrie ICT e non-ICT

Per stimare la produttività totale dei fattori abbiamo utilizzato la precedente equazione (3.5). Per fare ciò abbiamo dovuto ricostruire lo stock di capitale con il metodo dell'inventario permanente, illustrato nel paragrafo precedente, e calcolato secondo l'equazione 3.1. Abbiamo ipotizzato un tasso di deprezzamento in media del 25% per gli investimenti del settore ICT e del 10% per i rimanenti investimenti.

Dai risultati disaggregati si evince, in coerenza con quanto affermato da Gordon (2004), la differenza sottostante tra le diverse economie, soprattutto nel settore *ICT-using*. Infatti, sia nel manifatturiero ma soprattutto nel settore dei servizi la differenza tra gli Stati Uniti ed i tre paesi dell'Europa analizzati è di circa 3/4 di punto. Infatti, ancora una volta, i settori che spiccano nella tabella sono *wholesale and retail trade; repairs* e *Financial intermediation*. L'altra differenza sostanziale nei risultati ottenuti è che, mentre il tasso di crescita della TFP per gli USA è sempre in aumento nei tre periodi analizzati, la crescita è da attribuire al settore *ICT-using*. In Germania, Francia ed Italia si nota un'aumento nella prima metà degli anni novanta e subito dopo una diminuzione. Inoltre, l'aumento nel secondo periodo è da attribuire ai settori tradizionali, ciò nonostante l'aumento degli investimenti nelle nuove tecnologie. Questo risultato è sostenuto dall'ipotesi di Brynjolfsson (1993) e Howitt (1998) i quali affermano che è necessario che trascorra un periodo di tempo medio-lungo prima che gli investimenti in nuove tecnologie manifestino i loro effetti sulla produttività.

Tab. 3.5: Il Contributo delle singole industrie alla crescita della produttività totale dei fattori, 1980-2000

	Stati Uniti ^{1,2}			Francia			Germania			Italia		
	1980-90	1990-95	1995-00	1980-90	1990-95	1995-00	1980-90	1991-95	1995-00	1985-90	1992-95	1995-00
<i>Total Economy</i>	0,34	0,86	1,12	0,99	0,13	0,93	..	0,43	0,16	0,27	0,83	0,24
<i>ICT-Producing industries</i>												
<i>ICT-Producing manufacturing</i>	0,01	0,05	0,01	..	..	..	..	-0,07	0,16	-0,04	-0,04	-0,02
<i>ICT-Producing services</i>	0,09	0,10	0,07	..	0,01	0,01	..	0,03	0,03	..	..	..
<i>ICT-Using industries</i>												
<i>ICT-Using manufacturing</i>	0,04	0,01	0,08	..	0,06	0,01	..	0,08	0,16	-0,08	0,06	0,00
<i>ICT-Using services</i>	0,10	0,48	0,69	..	-0,30	0,01	..	-0,32	-0,18	..	..	..
<i>Less-intensive ICT-Using industries</i>												
<i>Other manufacturing</i>	0,10	0,22	-0,02	..	..	..	..	0,07	0,08	-0,27	0,32	-0,33
<i>Other services</i>	0,09	0,40	0,45	..	-0,63	0,06	..	0,53	0,04	..	..	..
<i>Other Industries</i>	-0,06	-0,03	0,17	..	..	..	..	0,03	-0,11	-0,06	-0,03	-0,08
<i>Somma dei settori</i>	0,36	1,23	1,31	..	..	..	..	0,36	0,15	..	..	..
<i>Residuo</i>	-0,02	-0,37	-0,15	..	..	..	..	0,07	0,01	..	..	..

fonte: Nostre elaborazioni su dati OECD

5. TFP e produttività del lavoro nelle industrie ICT e non-ICT

Il passo successivo, dopo avere calcolato la TFP ed avere individuato il contributo che ogni singolo settore dà alla crescita della produttività del lavoro, è stato quello di suddividere il tasso di crescita della produttività del lavoro in due fattori: il *capital deepening* e la *total factor productivity*.

I risultati ottenuti sono presentati nella tabella 3.6 e mostrano la suddivisione della produttività del lavoro per i tre periodi: 1980-90, 1990-95 e 1996-00.

Tuttavia, prima di addentrarci nell'analisi del diverso contributo dato alla produttività del lavoro da parte dei due fattori occorre rilevare che tra il primo ed il secondo periodo il tasso di crescita della produttività del lavoro è diminuito in tutti i paesi analizzati. Al contrario, dal secondo al terzo periodo il tasso di crescita della produttività del lavoro è aumentato sia negli Stati Uniti sia in Francia. Nel primo paese è aumentato da 1,24% ad 1,98% e nel secondo da 0.99 ad 1.22.

Tab. 3.6 - Scomposizione del tasso di crescita della produttività del lavoro

	Stati Uniti			Francia			Germania			Italia		
	1980-90	1990-95	1995-00	1980-90	1990-95	1995-00	1980-90	1991-95	1995-00	1985-90	1992-95	1995-00
Lab. Prod.	1.33	1.24	1.98	2.11	0.99	1.22	..	1.92	0.86	1.64	2.38	0.63
Cap. Deep.	0.99	0.38	0.86	1.12	0.85	0.29	..	1.48	0.69	1.36	1.29	0.39
<i>Cap_D_it</i>	0.32	0.23	0.67	..	..	..	..	0.85	0.38	..	..	..
<i>Cap_D_nit</i>	0.67	0.11	0.36	..	..	..	..	0.38	0.34	..	..	..
TFP	0.34	0.86	1.12	0.99	0.13	0.93	..	0.43	0.16	0.27	0.83	0.24
Lab. Prod.	100	100	100	100	100	100	..	100	100	100	100	100
Cap. Deep.	74.60	30.56	43.37	52.97	86.39	26.62	..	77.29	80.57	83.16	54.09	62.46
<i>Cap_D_it</i>	24.06	18.29	33.83	..	..	..	..	44.27	44.18	..	..	..
<i>Cap_D_nit</i>	50.37	8.91	18.16	..	..	..	..	19.79	39.53	..	..	..
TFP	25.30	69.43	56.84	46.83	13.66	88.10	..	22.65	19.01	16.73	34.81	37.46

fonte: Nostre elaborazioni su dati OECD

Negli Stati Uniti l'andamento del capital deepening è uguale a quello della produttività del lavoro. Infatti, diminuisce dal primo al secondo periodo ed aumenta successivamente. Al contrario, il tasso di crescita della TFP aumenta in tutti e tre i periodi analizzati.

In Francia, mentre il tasso di crescita del capitale diminuisce in tutti i periodi quello della produttività del lavoro aumenta nello stesso periodo. Infine, per quanto riguarda la Germania e l'Italia entrambe riducono i due tassi di crescita.

La seconda parte della tabella evidenzia il contributo che la TFP ed il capital deepening hanno dato al tasso di crescita della produttività del lavoro nei due periodi analizzati.

Dai risultati si evince che negli USA il contributo del capital deepening diminuisce dal primo al secondo periodo mentre aumenta dal secondo periodo a quello successivo. Al contrario, il contributo della TFP aumenta dal 1980-1990 al 1990-1995 e diminuisce dal secondo al terzo periodo analizzato. Anche per la Francia il risultato ottenuto nella seconda parte della tabella è simile a quello ottenuto nella prima parte. Al contrario, per la Germania mentre diminuisce il contributo dato dal tasso di crescita della produttività totale dei fattori al tasso di crescita della produttività del lavoro aumenta il contributo dato dal capital deepening. Infine, l'Italia vede crescere sia il contributo dato dal capital deepening sia quello dato dalla produttività del lavoro.

Tali risultati ci consentono di affermare che le ICT danno un impulso positivo sia alla produttività parziale (del lavoro) ma anche la total factor productivity. Pertanto, possono essere viste come delle GPT, cioè quelle tecnologie che presentano simultaneamente le caratteristiche della pervasività, del dinamismo tecnologico e delle complementarietà innovative.

Conclusioni

In questo capitolo abbiamo studiato l'impatto degli investimenti in ICT sulla crescita della produttività del lavoro negli Stati Uniti ed in tre economie europee: Francia, Germania e Italia; negli anni che vanno dal 1970 al 2002.

Ci siamo posti la domanda se le ICT rappresentano delle *General Purpose Technologies* (GPT) e se, di conseguenza, ci troviamo di fronte ad un nuovo paradigma economico. Per analizzare il fenomeno abbiamo cercato di suddividere gli effetti che le nuove tecnologie hanno sia sul capitale sia sulla produttività totale dei fattori. Questo in quanto le ICT facilitano le innovazioni complementari e permettono di incrementare l'output sia attraverso l'introduzione di nuovi processi produttivi sia attraverso il miglioramento dei prodotti.

Mediante una stima di contabilità della crescita abbiamo stabilito quale forma di capitale tra ICT e non-ICT contribuisce in misura maggiore alla crescita della produttività del lavoro. I risultati hanno mostrato come un maggiore investimento in nuove tecnologie contribuisce a fare aumentare la produttività del lavoro, soprattutto quando tali tecnologie sono pienamente operanti.

Il livello degli investimenti delle industrie ICT nel periodo (1980-2000), negli Stati Uniti, sia in percentuale sugli investimenti totali sia in percentuale sul Pil, è sempre più elevato di quello delle tre economie europee.

Il risultato degli elevati investimenti in ICT si può vedere nel maggiore contributo che le industrie ICT danno alla crescita della produttività del lavoro. In particolare, dal 1990-95 al 1995-00 il contributo del settore ICT alla crescita della produttività del lavoro degli USA è passato dallo 0,87% all'1,38% mentre in Europa tale risultato non è stato raggiunto. Infatti, i tre paesi europei riducono il contributo delle industrie ICT alla crescita della produttività. La Francia, dalla prima alla seconda metà degli anni novanta, registra un aumento soltanto delle industrie *ICT-producing manufacturing* e del settore *ICT-using services*, la Germania aumenta il contributo delle industrie *ICT-producing manufacturing*. Infine, per l'Italia cresce soltanto il contributo del *ICT-producing services*, ed anche il contributo del settore non-ICT non aumenta dalla prima alla seconda metà degli anni novanta.

Inoltre, l'aspetto che abbiamo spesso sottolineato è che l'accumulazione del capitale costituisce solo una parte importante della crescita economica di un paese, l'altra parte, forse ancora più importante, è rappresentata dalla crescita della TFP. Questo perché, come abbiamo rilevato, un aumento della TFP è in grado di spostare la funzione di produzione verso l'alto, al contrario un aumento del capitale per addetto rappresenta un movimento lungo la funzione di produzione.

L'accelerazione della crescita della produttività del lavoro negli Stati Uniti e il suo declino in Europa, nella seconda metà degli anni novanta, è ascrivibile più allo sfruttamento delle tecnologie dell'informazione e della telecomunicazione che non alla loro produzione.

Per quanto riguarda il contributo che i settori ICT e non-ICT danno alla crescita della TFP la differenza sottostante tra le diverse economie risiede, soprattutto, nel settore *ICT-using*. Infatti, sia nel manifatturiero ma soprattutto nel settore dei servizi la differenza tra gli Stati Uniti ed i tre paesi dell'Europa analizzati è di circa 3/4 di punto. Infatti, ancora una volta, i settori che spiccano sono *wholesale and retail trade; repairs* e *Financial intermediation*. L'altra differenza sostanziale nei risultati ottenuti è che, per gli USA il tasso di crescita della TFP è sempre in aumento nei tre periodi analizzati e la crescita è da attribuire al settore *ICT-using*. In Germania, Francia ed Italia si nota un'aumento nella prima metà degli anni novanta e subito dopo una diminuzione. Inoltre, l'aumento nel secondo periodo è da attribuire ai settori tradizionali, ciò nonostante l'aumento degli investimenti nelle nuove tecnologie. Questo risultato è sostenuto dall'ipotesi di Brynjolfsson (1993) e Howitt (1998) i quali affermano che è necessario che trascorra un periodo di tempo medio-lungo prima che gli investimenti in nuove tecnologie manifestino i loro effetti sulla produttività.

Il miglioramento delle performance statunitensi è stato visto anche nella scomposizione della produttività del lavoro in capital deepening e TFP; infatti, mentre negli USA sono sempre crescenti nei sottoperiodi analizzati nei paesi europei non è così.

Quello che possiamo affermare è che se negli Stati Uniti le nuove tecnologie sono pienamente operanti, in Europa gli effetti del nuovo paradigma tecnologico tardano a manifestarsi. Infatti, mentre negli USA è ormai evidente il legame tra sviluppo delle ICT e crescita economica nei tre paesi europei analizzati tale legame non è altrettanto evidente. I nostri risultati mostrano segni positivi dei rendimenti delle ICT in alcuni paesi, ma evidenziano forti ritardi nell'accumulazione del capitale tecnologico nell'arco del periodo analizzato, probabilmente perché i paesi europei sono partiti da livelli più bassi di diffusione di tali tecnologie.

Per tale motivo nelle statistiche della produttività, dei paesi europei analizzati, non si registrano gli effetti positivi degli investimenti in ICT. Una ragione potrebbe essere il fatto che è necessario un livello minimo di accumulazione di capitale ICT oltre il quale l'accumulazione condiziona positivamente la dinamica della TFP, confermando, in parte, l'ipotesi sia David (1990) sia di Brynjolfsson (1993), è cioè che gli effetti delle nuove tecnologie si manifestano in ritardo. Se lo sviluppo e la diffusione delle ICT hanno svolto un ruolo trainante nella crescita dell'output e della produttività degli USA, ciò potrebbe accadere anche in Francia, Germania ed Italia se riuscissero ad investire in egual misura nelle nuove tecnologie. È chiaro che le modalità, la portata ed i tempi di attuazione sono difficili da prevedere e variano da paese a paese. È da notare, però, che l'accumulazione di capitale tecnologico sicuramente non è l'unica strada per consentire una crescita più sostenuta, altri fattori potrebbero essere rilevanti quali le esternalità positive, dovute alla crescita di alcuni settori, il capitale umano e le caratteristiche strutturali dei diversi settori.

Tab. 3.3: Contribuiti delle singole industrie alla crescita della produttività del lavoro, 1970-2000

	Stati Uniti										Francia					Germania					Italia															
	1970-80		1980-90		1990-95		1995-00		1970-80		1980-90		1990-95		1995-00		1970-80		1980-90		1990-95		1995-00		1970-80		1980-90		1990-95		1995-00					
	1970-80	1980-90	1990-95	1995-00	1970-80	1980-90	1990-95	1995-00	1970-80	1980-90	1990-95	1995-00	1970-80	1980-90	1990-95	1995-00	1970-80	1980-90	1990-95	1995-00	1970-80	1980-90	1990-95	1995-00	1970-80	1980-90	1990-95	1995-00	1970-80	1980-90	1990-95	1995-00				
Total Economy	1,05	1,33	1,24	1,98	2,81	2,11	0,99	1,22	2,57	1,32	1,32	1,92	0,86	3,29	1,64	2,38	0,63																			
ICT-Producing industries																																				
ICT-Producing manufacturing																																				
Electrical and optical equipment		0,12	0,10	0,07		0,03	0,01	0,04	0,13	0,06	0,12	0,18	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01			
...Office, accounting and computing machinery		0,12	0,10	0,01		0,04	0,02	0,05	0,13	0,07	0,09	0,18	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
...Electrical machinery and apparatus, nec		0,03	0,00	0,01		-0,01	-0,02	-0,02	0,02	0,00	0,02	0,02																								
...Radio, television and communication equipment		0,01	0,00	0,00		0,02	0,00	0,02	0,06	0,04	0,01	0,07																								
...Medical, precision and optical instruments	-0,01	0,03	0,01	0,03		0,01	0,02	0,03	0,02	0,01	0,06	0,05																								
ICT-Producing services	0,08	0,10	0,13	0,06		0,05	0,02	0,01	0,09	0,04	0,13	0,07																								
Post and telecommunications	0,08	0,10	0,13	0,06		0,05	0,02	0,01	0,09	0,04	0,13	0,07																								
Computer and related activities							-0,04	0,04	0,01	0,04	0,00	0,06																								
ICT-Using industries																																				
ICT-Using manufacturing																																				
Wearing apparel, dressing and dyeing of fur		0,11	0,05	0,11		0,07	0,11	0,05	0,20	0,13	0,34	0,23																								
Printing and publishing	0,01	0,01	0,00	0,05		0,03	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01																								
Machinery and equipment, n.e.c.		0,03	0,01	0,00		-0,02	0,01	0,03	0,12	0,07	0,27	0,08																								
Other transport equipment	-0,01	0,03	0,04	0,03		0,03	0,04	0,02	0,02	0,01	-0,01	0,03																								
...Building and repairing of ships and boats		0,01	0,00	0,00		0,02	-0,02	0,00			0,00	0,00																								
...Aircraft and spacecraft		0,02	0,05	0,03		-0,01	0,05	0,02			-0,01	0,03																								
...Railroad equip. & transport equipment n.e.c.		0,00	0,00	0,00		0,01	0,01	-0,01	0,02	0,01	0,01	0,02																								
Manufacturing nec: recycling	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,02	0,02	-0,01	0,02	0,01	0,01	0,02																								
...Manufacturing nec																																				
...Recycling																																				
ICT-Using services	0,03	0,30	0,59	1,14		0,48	-0,01	0,14	0,54	0,37	0,18	0,07																								
Wholesale and retail trade; repairs	-0,02	0,10	0,25	0,55		0,31	0,19	-0,03	0,15	0,03	0,11	0,04																								
Financial intermediation	0,03	0,15	0,35	0,50		0,17	0,03	0,12	0,14	0,07	0,02	-0,08																								
...Financial interm. excl. insur. and pension fund.	0,00	0,15	0,15	0,31		0,16	-0,03	0,08	0,08	0,05	0,01	-0,07																								
...Insur. & pension fund., excl. Compul. social sec.	0,02	-0,01	0,14	0,09			0,04	0,02	0,05	0,02	0,02	-0,01																								
...Activities related to financial intermediation	0,01	0,01	0,06	0,08			0,02	0,03	0,02	0,01	-0,01	0,02																								
Renting of M&Eq and other business activities	0,01	0,05	-0,01	0,10		0,00	-0,14	0,05	0,25	0,27	0,05	0,12																								
...Renting of machinery and equipment									0,00	0,00	0,00	0,09																								
...Research and development									0,00	0,00	0,00	0,00																								
...Other business activities									0,00	0,00	0,00	0,02																								
									0,21	0,14	0,02	-0,05																								

Continua

Continua tab. 3.3: Contributi delle singole industrie alla crescita della produttività del lavoro, 1970-2000

	Stati Uniti					Francia					Germania					Italia				
	1970-80	1980-90	1990-95	1995-00	1970-80	1980-90	1990-95	1995-00	1970-80	1980-90	1990-95	1995-00	1970-80	1980-90	1990-95	1995-00	1970-80	1980-90	1990-95	1995-00
Less-intensive ICT-Using industries																				
Other manufacturing	0.01	0.04	0.04	0.00	0.07	0.09	0.32	0.25	0.34	0.04	0.05	0.10	0.10	0.08	0.02	0.08	0.02	0.02	0.52	-0.18
Food products, beverages and tobacco	..	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	-0.02	0.03	0.03	0.02	0.00	0.01	0.02	0.00	0.02	0.04	-0.04	0.01
Textiles	..	0.00	0.00	0.00	0.00	..	0.06	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	..	..	..	..	..	0.04	0.00
Leather, leather products and footwear	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	..	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.05	0.01	0.05	0.01	0.03	0.03	0.00
Wood and products of wood and cork	0.02	0.00	0.01	-0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.01	0.00	0.02	0.01	0.04	0.01	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01
Pulp, paper and paper products	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	..	0.03	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	..	..	..	..	..	0.03	-0.02
Coke, refined petroleum products and nuclear fuel	0.05	0.01	-0.01	0.02	0.02	..	-0.10	0.10	0.02	0.08	-0.05	0.02	0.03	0.03	-0.01	0.04	-0.01	0.04	-0.08	-0.08
Chemicals and chemical products	0.03	0.08	0.09	0.01	0.00	..	0.02	0.10	0.07	0.06	0.06	0.14	0.05	0.03	0.06	0.12	0.02	0.12	0.01	-0.01
Products	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	..	-0.02	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.01	0.03	-0.02	0.04	-0.02	0.04	-0.02	-0.02
Other non-metallic mineral products	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	0.06	0.01	0.02	0.03	0.02	0.06	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00	0.00	-0.01	-0.01
Basic metals	0.05	0.01	0.02	-0.02	0.02	..	0.07	0.03	0.00	..	0.03	0.10	0.03	..	0.02	0.14	0.02	0.14	0.06	-0.06
Fabricated metal products, excl. mach. & equ.	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	..	0.08	0.01	0.04	..	0.03	0.00	0.03	..	0.02	0.06	0.02	0.06	0.00	0.00
Motor vehicles, trailers and semi-trailers	-0.02	0.01	0.08	0.02	0.02	..	0.08	0.03	0.08	0.04	0.05	0.11	-0.12	..	0.06	0.07	0.07	0.07	0.01	0.01
Other services	0.39	0.67	0.29	0.66	0.66	..	0.64	0.34	0.54	0.62	0.29	0.85	0.31	..	..	0.89	0.26	0.89	0.26	0.26
Hotels and restaurants	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	..	0.03	-0.01	0.06	0.02	-0.02	-0.05	-0.05	0.04	0.00	0.04	0.00	0.04	0.04	-0.01
Transport and storage	0.05	-0.02	0.01	0.03	0.03	..	0.05	-0.01	0.04	0.01	0.00	0.10	0.08	..	0.06	0.37	-0.13	0.37	-0.13	-0.13
Real estate activities	0.33	0.45	0.22	0.46	0.46	..	0.38	0.34	0.30	0.33	0.43	0.60	0.28	..	..	0.58	0.24	0.58	0.24	0.24
Community social and personal services	0.00	0.23	0.04	0.14	0.14	0.43	0.18	0.03	0.13	0.26	-0.13	0.20	-0.01	0.00	-0.11	-0.10	0.16	-0.11	-0.10	0.16
Public admin. & defence; compulsory social sec.	0.02	0.20	0.15	0.13	0.13	..	0.02	0.03	0.16	0.09	-0.01	0.23	0.15	0.05	0.11	0.09	0.12	0.05	0.11	0.09
Education	-0.01	0.00	-0.01	0.00	0.00	..	0.01	0.06	0.07	0.02	-0.04	0.02	0.02	-0.16	0.00	0.00	0.09	-0.16	0.00	0.09
Health and social work	..	0.01	-0.05	0.02	0.02	..	0.10	0.09	0.05	0.09	-0.07	0.01	-0.11	0.07	0.03	-0.14	0.09	0.07	0.03	-0.14
Other community, social and personal services	..	0.03	0.00	0.02	0.02	..	0.05	-0.08	-0.04	0.07	0.07	0.03	0.04	0.06	-0.01	0.02	0.00	0.06	-0.01	0.02
Private households with employed persons	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	..	..	..	..	0.00	-0.01	0.00	0.00	-0.04	-0.10	0.01	-0.02	-0.10	0.01	-0.02
Extra-territorial organizations and bodies	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Other Industries	0.29	0.06	-0.02	0.21	0.21	..	0.22	0.10	0.22	0.10	0.10	0.22	0.07	0.38	0.18	0.11	0.07	0.38	0.18	0.07
Agriculture, hunting, forestry and fishing	0.03	0.02	-0.05	0.04	0.04	-0.04	0.05	-0.01	-0.01	0.00	0.01	0.07	0.03	0.14	-0.01	0.12	0.01	0.14	-0.01	0.12
Mining and quarrying	0.20	-0.08	-0.05	0.07	0.07	..	..	..	..	0.02	0.00	0.08	0.01	0.04	0.00	0.02	0.02	0.04	0.00	0.02
Electricity, gas and water supply	0.07	0.11	0.07	-0.01	-0.01	0.08	0.05	0.04	-0.03	0.06	0.04	0.05	0.04	-0.03	0.10	0.12	0.05	-0.03	0.10	0.12
Construction	-0.03	0.01	0.02	0.10	0.10	0.20	0.15	0.13	0.01	0.14	0.05	0.02	-0.01	0.23	0.09	-0.15	-0.01	0.23	0.09	-0.15
Somma dei settori	..	1.48	1.31	2.25	2.25	..	..	..	..	..	1.20	2.17	0.97	..	..	2.18	0.61	..	2.18	0.61
Residuo	..	-0.15	-0.07	-0.27	-0.27	..	..	..	..	..	0.13	-0.26	-0.11	..	..	0.20	0.02	..	0.20	0.02

fonte: Nostre elaborazioni su dati OECD

Tab. 3.5: Il contributo delle singole industrie alla crescita della produttività totale dei fattori, 1980-2000

	Stati Uniti			Francia			Germania			Italia		
	1980-90	1990-95	1995-00	1980-90	1990-95	1995-00	1980-90	1991-95	1995-00	1985-90	1992-95	1995-00
	0,34	0,86	1,12	0,99	0,13	0,93	..	0,43	0,16	0,27	0,83	0,24
Total Economy												
ICT-Producing industries												
ICT-Producing manufacturing	0,01	0,05	0,01	..	..	..	..	-0,07	0,16	-0,04	-0,04	-0,02
Electrical and optical equipment	-0,01	0,05	0,01	..	0,03	0,02	..	-0,09	0,16	-0,03	-0,02	-0,02
...Office, accounting and computing machinery	-0,01	0,00	0,01	..	..	..	..	-0,02	0,01	-0,01	0,00	-0,01
...Electrical machinery and apparatus, nec	-0,02	0,00	-0,01	..	..	..	..	-0,07	0,06	-0,06	0,01	-0,01
...Radio, television and communication equipment	0,01	0,05	-0,01	..	..	..	..	0,01	0,05	0,03	-0,03	0,00
...Medical, precision and optical instruments	0,02	0,00	0,03	..	..	..	..	-0,01	0,05	0,00	-0,02	-0,01
ICT-Producing services	0,09	0,10	0,07	..	0,01	0,01	..	0,03	0,03	..	..	..
Post and telecommunications	0,09	0,10	0,07	..	0,01	0,01	..	0,03	0,03	..	..	..
Computer and related activities	..	..	..	..	..	..	..	-0,02	0,00	..	..	..
ICT-Using industries												
ICT-Using manufacturing	0,04	0,01	0,08	..	0,06	0,01	..	0,08	0,16	-0,08	0,06	0,00
Wearing apparel, dressing and dyeing of fur	-0,01	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,01	..	0,00	0,01	-0,01	0,00	-0,01
Printing and publishing	0,01	0,00	0,03	-0,03	0,01	-0,01	..	0,01	0,04	0,00	-0,03	-0,02
Machinery and equipment, n.e.c.	-0,02	0,00	-0,01	..	0,00	0,01	..	0,11	0,08	-0,03	0,06	-0,01
Other transport equipment	0,04	0,00	0,03	..	0,03	0,01	..	-0,03	0,03	-0,02	0,02	0,05
...Building and repairing of ships and boats	0,01	0,00	0,00	..	..	..	..	..	..	-0,01	0,00	0,01
...Aircraft and spacecraft	0,03	0,01	0,03	..	..	..	..	..	..	-0,01	0,00	0,02
...Railroad equip. & transport equipment n.e.c.	0,00	0,00	0,00	..	..	..	..	..	..	-0,01	0,01	0,02
Manufacturing nec, recycling	0,01	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	..	-0,01	0,01	-0,01	0,01	-0,01
...Manufacturing nec	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	-0,04
...Recycling	..	..	..	..	..	..	..	0,00	0,00	..	0,00	0,00
ICT-Using services	0,10	0,48	0,69	..	-0,30	0,01	..	-0,32	-0,18	..	..	..
Wholesale and retail trade; repairs	0,00	0,05	0,34	..	-0,05	-0,06	..	-0,03	-0,01	..	0,14	-0,45
Financial intermediation	0,03	0,31	0,28	..	0,10	0,01	..	-0,06	-0,15	0,01	0,13	0,23
...Financial interm. excl. insur. and pension fund	0,05	0,13	0,14	..	0,04	-0,02	..	-0,06	-0,14	..	..	..
...Insur. & pension fund, excl. Compul. social sec.	-0,01	0,11	0,08	..	..	..	..	0,02	-0,02	..	..	..
Activities related to financial intermediation	0,00	0,06	0,06	..	..	..	..	-0,04	0,00	..	..	..
...Renting of machinery and equipment	0,07	0,12	0,07	..	-0,34	0,06	..	-0,23	-0,01	..	..	..
...Research and development	..	..	..	..	..	..	..	-0,08	0,02	..	..	..
...Other business activities	..	..	..	..	..	..	..	0,00	0,02	..	..	..
...Other business activities	..	..	..	..	..	..	..	-0,14	-0,12	..	..	..

Continua

Continua Tab. 3.5: Contributi delle singole industrie alla crescita della produttività totale dei fattori, 1980-2000

	Stati Uniti			Francia			Germania			Italia		
	1980-90	1990-95	1995-00	1980-90	1990-95	1995-00	1980-90	1991-95	1995-00	1985-90	1992-95	1995-00
Less-intensive ICT-Using industries												
Other manufacturing	0,10	0,22	-0,02	-0,05	-0,01	0,00	..	0,07	0,08	-0,27	0,32	-0,33
Food products, beverages and tobacco	0,01	0,02	-0,02	0,04	0,00	0,00	..	-0,01	0,01	-0,04	-0,08	-0,03
Textiles	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	..	-0,01	0,01	-0,08	0,04	-0,02
Leather, leather products and footwear	0,01	0,01	-0,01	..	..	..	..	0,00	0,00	-0,01	0,01	-0,02
Wood and products of wood and cork	0,01	0,02	-0,01	0,01	0,00	0,01	..	0,02	0,02	-0,03	0,01	0,00
Pulp, paper and paper products	0,01	0,02	-0,01	-0,16	0,02	0,09	..	-0,04	0,02	-0,03	0,02	-0,03
Coke, refined petroleum products and nuclear fuel	0,01	0,05	-0,02	-0,15	0,05	0,02	..	0,01	0,03	-0,05	0,03	-0,08
Chemicals and chemical products	0,06	0,05	-0,02	-0,11	-0,02	-0,01	..	0,07	0,03	0,00	0,10	-0,01
Products	0,00	0,01	0,01	0,04	0,00	0,01	..	-0,02	0,01	-0,02	0,03	-0,03
Other non-metallic mineral products	0,00	0,01	0,00	..	..	..	..	0,03	-0,01	0,02	-0,02	0,00
Basic metals	0,00	0,01	0,00	..	..	..	..	0,04	0,02	0,00	0,10	-0,01
Fabricated metal products, excl. mach. & equ.	-0,01	0,02	-0,02	..	..	..	..	-0,04	0,02	-0,01	0,14	-0,06
Motor vehicles, trailers and semi-trailers	0,01	0,02	0,01	..	..	..	..	0,04	0,02	-0,07	0,00	-0,06
Motor vehicles, trailers and semi-trailers	0,01	0,10	0,01	..	-0,04	0,06	..	0,03	-0,06	0,00	0,04	0,01
Other services	0,09	0,40	0,45	..	-0,63	0,06	..	0,53	0,04	..	..	..
Hotels and restaurants	0,00	0,02	0,01	..	-0,09	0,04	..	-0,04	-0,03	..	..	-0,06
Transport and storage	0,00	0,02	0,01	..	-0,14	0,04	..	0,04	0,08	-0,04	-0,01	..
Real estate activities	-0,27	0,22	0,22	..	-0,46	-0,23	..	0,04	0,08	..	..	..
Community social and personal services	0,35	0,14	0,20	0,15	0,05	0,20	..	0,31	-0,04	..	..	..
Public admin. & defence, compulsory social sec.	0,22	0,11	0,12	..	-0,04	0,13	..	0,21	0,02	0,29	-0,12	0,24
Education	0,01	0,01	0,01	..	0,06	0,06	..	0,15	0,08	0,19	0,01	0,08
Health and social work	0,05	0,04	0,04	..	-0,08	-0,01	..	0,05	0,02	0,13	-0,06	0,07
Other community, social and personal services	0,04	0,01	0,01	..	-0,12	0,07	..	0,06	-0,06	0,09	-0,06	0,13
Private households with employed persons	..	..	..	..	..	..	..	-0,01	0,03	0,01	0,02	-0,06
Extra-territorial organizations and bodies	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Other Industries	-0,06	-0,03	0,17	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Agriculture, hunting, forestry and fishing	0,03	-0,05	0,01	..	..	..	..	0,03	-0,11	-0,06	-0,03	-0,08
Mining and quarrying	-0,17	-0,04	0,07	-0,05	-0,03	-0,07	..	0,04	0,02	-0,12	0,06	-0,05
Electricity, gas and water supply	0,03	0,06	-0,02	..	..	..	..	0,04	-0,01	-0,03	0,00	0,01
Construction	0,05	0,00	0,11	0,00	0,04	-0,02	..	0,00	0,00	0,03	0,08	0,04
Construction	0,05	0,00	0,11	0,08	0,04	0,01	..	-0,04	-0,12	0,05	-0,17	-0,09
Somma dei settori	0,36	1,23	1,45	..	..	..	..	0,36	0,19	..	..	..
Residuo	-0,02	-0,37	-0,33	..	..	..	..	0,07	-0,03	..	..	..

Fonte: Nostre elaborazioni su dati OECD

Capitolo 4

Le ICT e la produttività delle imprese

SOMMARIO: Introduzione - 1 Una prima evidenza empirica del caso italiano - 2 Il settore ICT in Italia - 2.1 Gli investimenti in informatica nelle diverse regioni - 3 L'indagine Mediocredito - 4 La specificazione econometrica - 4.1 Il capitale ICT - 4.2 Le variabili utilizzate - 5 I risultati ottenuti dalla stima della funzione di produzione Cobb-Douglas - 6 Una verifica a livello settoriale - 7. La produttività totale dei fattori - 7.1 Una verifica sulla restrizione dei parametri - 8 La produttività totale dei fattori e la composizione degli input utilizzati - 8.1 Imprese che investono ed imprese che non investono in informatica - Conclusioni - Appendice al quarto capitolo

Introduzione

Come abbiamo più volte affermato nei precedenti capitoli l'interesse per *l'Information and Communication Technology* come motore del sistema produttivo non risiede soltanto nel suo peso relativo, quanto nelle potenzialità che da esso scaturiscono per il resto dell'economia, poiché le nuove tecnologie viste come *General Purpose Technologies* (GPT) manifestano i loro effetti in molti settori e generano un flusso di innovazioni capaci non solo di offrire soluzioni finali ma di aprire nuove opportunità.

È per tale motivo che gli investimenti in ICT costituiscono una condizione necessaria ma non sufficiente per l'affermarsi del nuovo paradigma tecnologico. Ciò è legato, probabilmente, anche al fatto che le nuove tecnologie esplicano i loro effetti in ogni fase dell'attività dell'impresa: produzione, organizzazione e distribuzione.

“La caratteristica delle tecnologie dell'informazione è, infatti, quella di essere *diffusiva* nel senso di non riguardare solo alcune industrie o settori, ma di diffondersi in ogni settore dell'economia, nella produzione di merci e servizi. Un'impresa può generare ed acquisire esternalità positive attraverso l'introduzione di qualsiasi nuovo modo di produrre basato sulle tecnologie dell'informazione, soltanto se quelle tecnologie si diffondono rapidamente oltre che nelle altre imprese, nel resto della società” (Infante, 1992: 192).

Come abbiamo affermato, a livello di impresa la relazione esistente fra nuove tecnologie e crescita della produttività è stata sempre più evidente. Brynjolfsson e Hitt (2000) hanno mostrato l'esistenza di forti legami tra gli investimenti in *information technology* e gli investimenti in *asset* complementari volti a cambiare l'assetto organizzativo. È per tale motivo che l'effetto degli investimenti in ICT sulla produttività

può essere scomposto in un effetto di breve periodo ed un effetto di lungo periodo. Il primo si lega strettamente agli investimenti mentre il secondo si lega alle caratteristiche organizzative delle imprese (*fixed firm characteristics*).

Il presente capitolo si concentra su un'analisi microeconomica del caso italiano. L'analisi, svolta si fonda sui dati delle due ultime indagini del Mediocredito Centrale (la settima e l'ottava), ha lo scopo di verificare l'impatto delle nuove tecnologie sulla produttività delle imprese italiane.

Il capitolo è strutturato nel seguente modo. La prima parte è dedicata ad una breve rassegna dei risultati ottenuti da alcuni recenti lavori empirici svolti sul caso italiano. La seconda parte è dedicata all'analisi descrittiva del posizionamento delle imprese sul territorio nazionale e ad una distribuzione degli investimenti in ICT divisi per macroarea. All'analisi descrittiva dei dati segue la presentazione del modello utilizzato per la verifica empirica ed il commento dei risultati ottenuti. Questi ultimi mostrano una relazione positiva e significativa dell'impatto degli investimenti in nuove tecnologie sulla produttività delle imprese, sia totale sia parziale.

L'analisi è condotta con tecniche non-parametriche e parametriche. L'analisi non parametrica riguarda il calcolo della TFP, l'analisi parametrica si riferisce allo studio della funzione di produzione, con il capitale diviso in ICT ed in non-ICT, e, successivamente, allo studio della relazione tra la TFP e la composizione degli input utilizzati dalle imprese.

1. Una prima evidenza empirica del caso italiano

Anche per l'Italia sono stati svolti numerosi lavori per verificare la relazione tra gli investimenti in ICT e la produttività. Ad esempio, Bugamelli e Pagano (2001) utilizzano i dati dell'indagine sulle imprese manifatturiere del Mediocredito Centrale e trovano, per il periodo 1995-97, una correlazione positiva tra gli investimenti in ICT e la crescita della produttività.

Aiello et al. (2005), utilizzando i dati della sesta e della settima indagine del Mediocredito Centrale, costruiscono lo stock di capitale tecnologico partendo dagli investimenti in ricerca e sviluppo effettuati dalle imprese. Successivamente, stimano una funzione di produzione che incorpora oltre al capitale fisico quello umano e tecnologico. Inoltre, nella funzione sono considerate variabili quali l'appartenenza ad un settore economico, l'area geografica e la classe dimensionale. I loro risultati mostrano un impatto positivo e significativo del capitale tecnologico sulla produttività del lavoro con un'elasticità pari a 0,14.

Anche Gambardella e Torrisi (2001) si concentrano sulla settima banca dati del Mediocredito Centrale la quale oltre ai dati di bilancio e ad altre caratteristiche delle

imprese nel triennio (1995-97) fornisce dati sulle attrezzature informatiche (*hardware* e *software*) e sulle telecomunicazioni. I due autori svolgono un'analisi che evidenzia la relazione esistente tra gli investimenti in ICT e la crescita della produttività totale dei fattori. I loro risultati mostrano un'elasticità della produttività verso gli investimenti ICT positiva e significativa per i settori tradizionali, per quelli ad alta intensità di scala e specializzati, ed un'elasticità trascurabile per i settori ad alta tecnologia.

Questo probabilmente è dovuto, ancora una volta, al manifestarsi in ritardo degli effetti delle nuove tecnologie oltre che alla stretta relazione tra il cambiamento organizzativo, più elevati livelli di capitale umano ed investimenti in nuove tecnologie. Infatti, il verificarsi di una condizione senza l'altra spinge le imprese su *performance* di produttività non dissimili da quelle che non hanno effettuato alcun investimento in ICT.

Il problema è che non si è data una chiara definizione di cambiamento organizzativo. Trento e Warglien (2001) sottolineano come il problema sia legato alle capacità che le organizzazioni hanno di sfruttare a pieno le complementarità tra le loro risorse ed i loro processi. Tale capacità è limitata dai costi di coordinamento indotti dalle complementarità stesse, che rappresentano una fonte di complessità organizzativa. Il fatto che le nuove tecnologie riducono i costi di coordinamento, ha il vantaggio di consentire alle imprese di sfruttare complementarità latenti che non era possibile cogliere in passato a causa degli insostenibili problemi di coordinamento che esse creavano.

Anche il lavoro di Paganetto, Becchetti e Bedoya (2000) rafforza la tesi dell'importanza delle nuove tecnologie. Gli autori distinguono tra le diverse forme di investimento in informatica affermando che, ad esempio, l'investimento in *software* si associa con un aumento della domanda di lavoro qualificato, mentre l'investimento in telecomunicazioni è correlato con lo sviluppo di nuovi prodotti. Infatti, per le imprese che investono oppure che producono le ICT, il capitale umano è una risorsa chiave. La produzione di *hardware* e *software* e apparecchiature di telecomunicazioni nonché la possibilità di fornire assistenza a tali prodotti, richiede in molti casi elevate qualifiche tecniche.

Successivamente, Paganetto et al. (2003) scompongono l'investimento in *software* e telecomunicazioni e affermano che il primo tipo di investimento risulta avere effetti di scala in quanto aumenta la produttività del lavoro, la domanda di lavoratori altamente qualificati e l'efficienza produttiva complessiva dell'impresa. Al contrario, l'investimento in telecomunicazioni rivela effetti di scopo perché ha influenza positiva sulla creazione di nuovi processi o prodotti, ma negativa sulla produttività del lavoro. Inoltre, dalle loro stime si evince che la combinazione di questi due effetti è in grado di aumentare l'efficienza produttiva e il grado di utilizzo della capacità produttiva.

2. Il settore ICT in Italia

Dai dati disponibili sul mercato delle ICT nell'economia italiana emerge una distribuzione delle nuove tecnologie, sia in termini di imprese appartenenti a tale settore sia in termini di investimenti delle imprese, non uniforme sul territorio nazionale. Probabilmente, ciò accade perché "molti territori e molte imprese, spesso di piccole dimensioni, non investono, oppure non hanno mai investito, in nuove tecnologie" (Assinform, 2003). L'Italia è ancora una volta divisa in due: il centro-nord ed il sud.

Tab. 4.1: Le imprese ICT in Italia - Anno 2001

<i>ICT - industries</i>	<i>Nr. Imprese</i>	<i>% Imprese sul totale Naz.</i>
<i>ICT - producing manufacturing</i>	52.050	1,27
Fabbricazione di macchine ed apparecchi elettrici N.C.A.	18.427	0,45
Fabbricaz. di apparecchi radiotelevisivi e apparecchiature per le comunicaz.	8.866	0,22
Fabbricaz. di app. medicali, di app. di precis., di strumenti ottici e di orologi	24.757	0,60
<i>ICT - producing services</i>	80.687	1,92
Poste e telecomunicazioni	2.456	0,06
Informatica e attività connesse	78.231	1,92
<i>ICT - using manufacturing</i>	129.347	3,17
Confezioni di articoli di vestiario; preparazione e tintura pelle	43.780	1,07
Editoria, stampa e riproduzione di supporti registrati	26.896	0,66
Fabbricazione di macchine per ufficio, di elaboratori e sistemi informatici	1.521	0,04
Fabbricazione di altri mezzi di trasporto	4.324	0,11
Altre industrie manifatturiere	52.826	1,29
Fabbricazione di mobili; altre industrie manifatturiere	50.588	1,24
Recupero e preparazione per il riciclaggio	2.238	0,05
<i>ICT - using services</i>	1.934.260	47,36
Comm. all'ingr. e al dett.; riparaz. di autov., motocicli e di beni person. e per la casa	1.230.731	30,14
Intermediazione monetaria e finanziaria	81.870	2,00
Intermediaz. monetaria e finanz. (escluse le assicuraz. e i fondi pensione)	2.022	0,05
Assicurazione e fondi pensione, exl le assicurazioni sociali obbligatorie	200	0,00
Attività ausiliarie della intermediazione finanziaria	79.648	1,95
Noleggio di macch. e attrezz. senza operatore e di beni per uso person. e dom.	12.067	0,30
Ricerca e sviluppo	9.182	0,22
Altre attività professionali ed imprenditoriali	600.410	14,70

fonte: Nostre elaborazioni su dati Istat (Censimento dell'industria e dei servizi, 2001)

Tab. 4.2: La distribuzione delle imprese ICT nelle regioni italiane- Anno 2001

Regioni	ICT-producing						ICT-Using					
	Manifatturiero			Servizi			Manifatturiero			Servizi		
	Nr. Impr.	% sul Tot.	% sul Reg.	Nr. Impr.	% sul Tot.	% sul Reg.	Nr. Impr.	% sul Tot.	% sul Reg.	Nr. Impr.	% sul Tot.	% sul Reg.
PIE	4.907	9,43	0,22	6.705	8,31	0,31	8.840	6,83	0,40	148.156	7,66	6,75
VLD	63	0,12	0,00	202	0,25	0,01	153	0,12	0,01	4.583	0,24	0,21
LOM	12.916	24,8	0,59	21.017	26,05	0,96	26.541	20,52	1,21	331.216	17,12	15,08
LIG	1.495	2,87	0,07	2.155	2,67	0,10	2.452	1,9	0,11	60.442	3,12	2,75
Nord Ovest	19.381	37,24	0,88	30.079	37,28	1,38	37.986	29,37	1,73	544.397	28,14	24,79
TAA	606	1,16	0,03	1.326	1,64	0,06	1.285	0,99	0,06	29.536	1,53	1,34
VEN	5.875	11,29	0,27	7.221	8,95	0,33	17.624	13,63	0,80	159.531	8,25	7,26
FVG	1.206	2,32	0,06	1.767	2,19	0,08	2.913	2,25	0,13	39.017	2,02	1,78
ERO	4.987	9,58	0,23	6.707	8,31	0,31	10.987	8,49	0,50	155.206	8,02	7,07
Nord Est	12.674	24,35	0,58	17.021	21,10	0,78	32.809	25,37	1,49	383.290	19,82	17,45
TOS	3.200	6,15	0,15	5.782	7,17	0,26	14.319	11,07	0,65	138.987	7,19	6,33
UMB	725	1,39	0,03	1.163	1,44	0,05	2.619	2,02	0,12	5.962	1,54	1,36
MAR	1.819	3,49	0,08	1.879	2,33	0,09	5.124	3,96	0,23	54.910	2,83	2,50
LAZ	3.877	7,45	0,18	9.688	12,01	0,44	8.700	6,73	0,40	183.714	9,50	8,36
Centro	6.453	18,48	0,44	18.512	22,94	0,84	30.762	23,78	1,40	383.573	21,07	18,05
ABR	1.051	2,02	0,05	1.247	1,55	0,06	2.632	2,03	0,12	1.826	2,20	1,94
MOL	175	0,34	0,01	248	0,31	0,01	456	0,35	0,02	9.713	0,50	0,44
CAM	2.667	5,12	0,12	4.062	5,03	0,18	8.435	6,52	0,38	167.599	8,66	7,63
PUG	2.383	4,58	0,11	2.744	3,40	0,12	7.684	5,94	0,35	122.106	6,31	5,56
BAS	252	0,48	0,01	479	0,59	0,02	654	0,51	0,03	17.343	0,90	0,79
CAL	719	1,38	0,03	1.245	1,54	0,06	1.770	1,37	0,08	55.114	2,85	2,51
SIC	2.245	4,31	0,10	3.404	4,22	0,15	4.492	3,47	0,20	136.306	7,05	6,21
SAR	882	1,69	0,04	1.646	2,04	0,07	1.667	1,29	0,08	48.317	2,50	2,20
Sud e Isole	10.374	19,93	0,47	15.075	18,68	0,67	27.790	21,48	1,26	558.324	30,97	27,28
ITALIA	52.050	100		80.687	100		129.347	100		1.934.260	100	

fonte: Nostra elaborazione su dati Istat (Censimento dell'industria e dei servizi, 2001)

Nella tabella 4.1 sono riportate il numero di imprese e la percentuale di imprese ICT sul totale nazionale. Le imprese sono suddivise secondo la classificazione dell'OECD (2001) e descritta nel capitolo precedente. Come si evince dalla tabella le imprese ICT, secondo tale classificazione, rappresentano il 53,72 % del totale nazionale. Infatti, su un totale di 4.083.966 imprese presenti in Italia 2.196.344 possono essere individuate come imprese ICT. Inoltre, il 47,36% è appartenente al settore *ICT-using services* concentrato, soprattutto, nelle due industrie "Commercio all'ingrosso e al dettaglio; riparazione di autoveicoli, motocicli e di beni personali e per la casa"¹ e per l'industria "Altre attività professionali ed imprenditoriali" per una percentuale pari rispettivamente a 30,14% e 14,70%. Il rimanente 6% circa è diviso ancora nel settore *ICT-using manufacturing* per il 3,17% e tra il settore *ICT-producing services* con una percentuale dell'1,92 e del manifatturiero con una percentuale dell'1,27.

Nella tabella 4.2 è riportata la distribuzione delle imprese ICT nelle regioni italiane nell'anno 2001 sia sul totale nazionale sia in percentuale sul totale di imprese della regione stessa e della macroarea considerata. La suddivisione è effettuata, ancora una volta, disaggregando i settori in *ICT-producing* e *using* del manifatturiero e dei servizi.

A conferma di quanto visto nella tabella precedente in ogni regione le imprese che prevalgono in valore assoluto sono quelle appartenenti al settore *ICT-using services*. Soltanto in Abruzzo non è così; infatti, notiamo che sono presenti 1.826 imprese *ICT-using services* e 2.632 imprese del settore *ICT-producing services*.

Al contrario, le imprese meno presenti nelle regioni italiane sono quelle appartenenti al settore *ICT-producing manufacturing*. Anche se nelle Marche il numero delle imprese ICT-producing nel manifatturiero e nei servizi sono molto simili. Infatti, in tale regione vi sono 1.819 imprese *ICT-producing manufacturing* e 1.879 imprese *ICT-producing services*. Nonostante il valore assoluto delle imprese non sia molto indicativo perché è influenzato dal grado di industrializzazione di una regione, i risultati relativi (% di imprese sul totale regionale) non sembrano essere molto diversi da quelli assoluti.

Infatti, la percentuale di imprese ICT sia sul totale nazionale delle stesse imprese sia sul totale regionale è sempre più elevata nel Nord-Ovest. Tale risultato è dovuto, in modo particolare, al peso più elevato della Lombardia. Nel Sud e Isole il peso più elevato è quello della Campania. Le regioni che hanno un minore peso delle imprese ICT sono la Valle d'Aosta, il Molise e la Basilicata. Tuttavia, l'aspetto che forse è più interessante sottolineare è che la macroarea Sud e Isole detiene una percentuale (ed un valore assoluto) di imprese *ICT-Using services* più elevato rispetto a tutte le altre macroaree.

¹ Ricordiamo che tale industria secondo quanto emerso dall'analisi macroeconomica è quella che presenta il maggiore gap in termini di crescita tra l'Europa e gli Stati Uniti.

2.1 *Gli investimenti in informatica nelle diverse regioni*

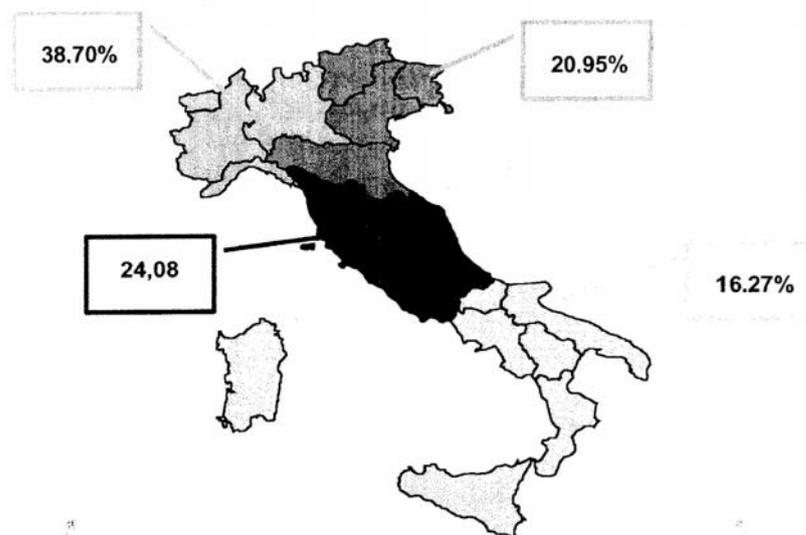
Lo scopo degli investimenti in nuove tecnologie, come quello di ogni altro tipo di investimento, è quello di migliorare la produttività di un'impresa o di un'industria. La tecnologia non è un fine, ma un mezzo necessario per il perseguimento degli obiettivi. Il punto è che la redditività dell'investimento in tecnologie dell'informazione dipende dalla capacità di gestirne i benefici.

Questo perché l'investimento in ICT è legato a diversi fattori ed è utile sottolineare che gli investimenti in risorse umane e le spese di riorganizzazione sono spesso più rilevanti dell'investimento nella tecnologia stessa. La formazione, finalizzata all'utilizzo delle tecnologie, è certamente l'investimento più consistente e meno tangibile che le aziende devono realizzare. I processi organizzativi o produttivi preesistenti nelle aziende sono strutturati per funzionare con risorse tecniche e umane già integrate nelle strutture. L'adozione di una nuova tecnologia è spesso vista come un oggetto utile a recuperare efficienza nei processi aziendali. Questo tipo di approccio porta necessariamente ad un impiego errato delle ICT che, al contrario, deve essere accompagnato da altre forme di investimento.

Analizzando le spese in ICT nelle regioni italiane, divise in quattro macroaree si osserva, come c'era da attendersi, che il 39% della spesa IT dell'Italia si concentra nel Nord-Ovest. Ciò è dovuto, soprattutto, al peso della Lombardia e del Piemonte che hanno una spesa pari, rispettivamente, al 69,5% e del 24,5% sul totale del Nord-ovest e del 26,9% e del 9,5% sul totale nazionale.

Il secondo valore più elevato della spesa in IT è da attribuire al Centro con il 24% circa sul totale nazionale. A seguire troviamo il Nord-est con il 21% circa ed il Sud e le Isole con il 16% circa. Il peso maggiore, per quanto riguarda il Centro è da attribuire al Lazio ed alla Toscana, che pesano sulla macroarea di appartenenza, rispettivamente, il 65% ed il 23% circa e, sul totale nazionale il 15,7% ed il 5,61%. Nel Nord-est il peso più elevato è dell'Emilia Romagna con il 42,2% e del Veneto con il 38,6% sul totale della macroarea. Nel Sud e isole, c'è una ripartizione più equa anche se spiccano la Campania e la Sicilia per il 31% e per il 22% sul totale della macroarea.

Fig. 4.1: Ripartizione della spesa IT per macroarea geografica, 2003 (valori in %)



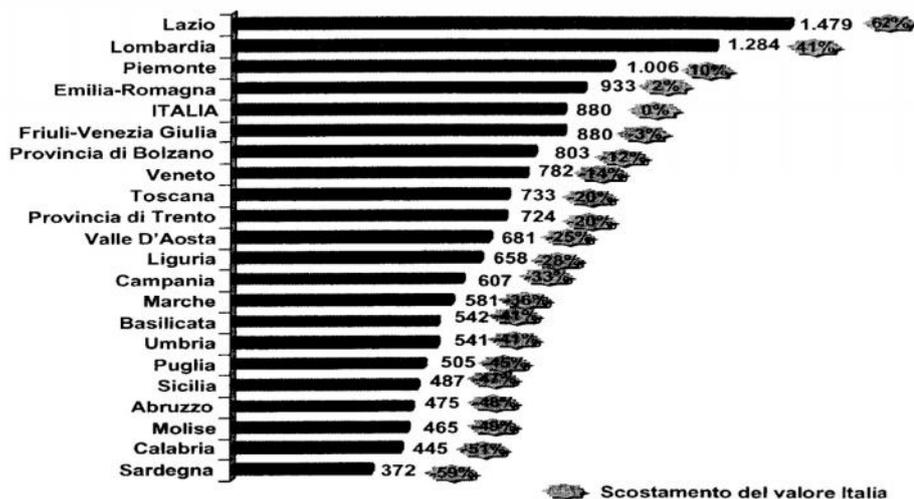
Fonte: Assinform (2004)

Notiamo, ancora una volta, che il Sud e le Isole rimangono indietro, l'unica "consolazione" è che nelle variazioni di spesa degli anni 2002/2003 tutte le regioni segnano valori negativi e la maggior parte delle regioni meridionali segnano una variazione (negativa) meno forte delle altre regioni italiane.

I dati ci consentono di affermare che la regione italiana che investe maggiormente in *Information technology* è la Lombardia con il 27% circa. Questo risultato è dovuto ad un insieme di ragioni, prima fra tutte l'elevato numero di imprese, la grande popolosità della Lombardia, ma anche ad un'elevata propensione agli investimenti nelle tecnologie dell'informazione (Rapporto Assinform sul mercato dell'IT nelle Regioni Italiane, 2004).

La figura 4.2 mostra, a tale proposito, la spesa IT per occupato. In essa troviamo al primo posto il Lazio con un valore pari a 1.479 Euro. Nonostante la Lombardia abbia un livello di spesa IT maggiore rispetto a quello del Lazio, quest'ultimo presenta un numero di imprese, e quindi di occupati molto più basso rispetto alla Lombardia e ciò fa sì che il Lazio risulti ora al primo posto. Di conseguenza, la Lombardia risulta al secondo posto con una spesa IT per occupato pari a 1.284 euro, di circa il 13% inferiore a quella del Lazio.

Fig. 4.2: Spesa IT per occupato, 2003

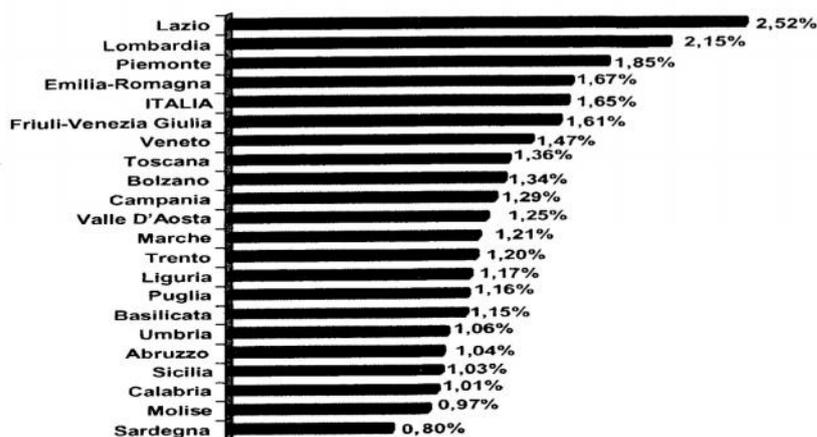


Fonte: Assinform (2004)

Sempre nella figura 4.2, oltre alle 20 regioni italiane è riportato il valore della spesa IT per occupato dell'Italia, e lo scostamento da tale valore per tutte le regioni. La spesa italiana è pari a 880 Euro per occupato. È importante sottolineare che soltanto quattro regioni hanno una spesa IT superiore alla media: il Lazio, la Lombardia, il Piemonte e l'Emilia Romagna. Negli ultimi posti, e quindi con un valore più lontano rispetto alla media nazionale, troviamo la Calabria ed il Molise con valori della spesa IT per occupato pari, rispettivamente, a 445 e 372 euro, ed uno scostamento dalla media di -51% per la Calabria e di -59% per la Sardegna.

Nella figura 4.2 si può notare, inoltre, che le sei regioni con una spesa IT per occupato minore rispetto alle altre appartengono alla macroarea sud e isole mentre le ultime dieci sono regioni del centro-sud. Questo risultato mostra come l'Italia sia, ancora una volta, divisa a metà.

Fig. 4.3: Spesa IT sul valore aggiunto



Fonte: Assinform (2004)

Risultati molto simili si ottengono dall'indicatore della spesa IT sul valore aggiunto (rappresentati nella figura 4.3). Anche in questo caso il Lazio si trova al primo posto con una spesa IT pari al 2,52% del valore aggiunto regionale, seguito dalla Lombardia con il 2,15%. Le regioni che sono al di sopra della media nazionale sono il Lazio, la Lombardia, il Piemonte e l'Emilia Romagna. Mentre le regioni che hanno una spesa minore IT per valore aggiunto sono la Calabria (che non è più al penultimo ma al terzultimo posto), il Molise e la Sardegna. La prima regione meridionale nel livello di spesa IT è la Campania, che figura soltanto al decimo posto.

Dai dati analizzati fino a questo punto emerge una sostanziale differenza nei livelli di spesa in *Information Technology* delle regioni. Questo è dovuto, probabilmente, alle sottostanti differenze nella distribuzione delle imprese nel territorio nazionale.

3. L'indagine Mediocredito

Come accennato in precedenza il database su cui abbiamo lavorato è costituito dalla settima e dall'ottava indagine che il Mediocredito Centrale (ora Capitalia) ha condotto su un campione di imprese manifatturiere italiane. L'ottava indagine relativa al triennio 1998-2000 si riferisce ad un campione di 4.680 imprese, mentre la settima, per gli anni 1995-97, riporta i dati relativi ad un campione di 4.497 imprese. Come si può vedere nella tabella 4.3 le imprese presenti nel campione relativo alla settima indagine (1995-97) che hanno investito in informatica sono 2.984 mentre 1.385 non hanno investito. Nel triennio successivo (ottava indagine) le imprese presenti sono 4.680 e di queste

3.480 hanno investito e 1.072 non hanno investito, le rimanenti non hanno risposto alla domanda.

Tab. 4.3 – Imprese presenti nell'indagine Mediocredito

	Triennio 1995-97	Triennio 1998-2000	Entrambi i trienni
Numero di imprese	4496	4680	..
Imprese che hanno investito in informatica	2984	3480	..
Imprese non hanno investito in informatica	1385	1072	..
Imprese che non hanno risposto alla domanda	127	128	..
Imprese comuni ad entrambe le indagini	1295	1295	1295
Imprese che hanno investito in informatica	900	996	724
Imprese non hanno investito in informatica	370	255	111
Imprese che non hanno risposto alla domanda	25	44	2

fonte: Nostre elaborazioni su dati Mediocredito

La seconda parte della tabella ci mostra che le imprese censite non sono le stesse in entrambe le indagini; quelle presenti sia nell'una sia nell'altra indagine sono 1.295. Di queste ultime 900 hanno investito nel primo triennio e 996 hanno investito nel secondo triennio, ma soltanto 724 hanno investito in entrambi i trienni. Al contrario, le imprese che non hanno investito nel primo triennio sono 370, nel secondo triennio 255 ed in entrambi i trienni 111. Infine, 25 imprese non hanno risposto alla domanda nel primo triennio, 44 nel secondo triennio e 2 non hanno risposto in nessuno dei due trienni.

In entrambe le indagini sono riportati i dati sugli investimenti sia in macchinari e attrezzature sia in informatica per il triennio di riferimento².

Rispetto al triennio 1995-97 nel triennio 1998-2000 è aumentato il numero delle imprese che hanno investito e, soprattutto, il numero delle imprese che hanno effettuato investimenti in tecnologie dell'informazione e della comunicazione. Queste ultime nella settima indagine erano circa il 70% delle imprese che hanno effettuato investimenti mentre nell'ottava indagine rappresentano circa l'80%. "Il fenomeno ha riguardato tutti i settori, le classi dimensionali e le aree geografiche" (Capitalia, 2002: 12).

² La domanda nel questionario è la seguente: "Nel triennio ... l'impresa ha effettuato investimenti in hardware informatico, software, reti telematiche e telecomunicazioni?" Se la risposta è affermativa, la domanda che ne segue è: "Per quale ammontare totale nel triennio? (importo in milioni di lire).

Al maggior numero di imprese che hanno investito, in generale, non ha corrisposto un ammontare di investimenti significativamente più alto. Infatti, mentre si può parlare di maggiori investimenti per le grandi imprese e per le imprese ad alta tecnologia per le altre si è verificata addirittura una riduzione.

Nella tabella 4.4 si riportano i dati sugli investimenti in informatica per classi di attività economica e area geografica secondo la tassonomia di Pavitt³ sia in valore assoluto sia in percentuale sul totale nazionale. Ricordiamo che il settore *Pavitt 1* si può identificare con quello delle industrie dei settori tradizionali, dominati dall'offerta (*supplier dominated*). In tali settori la decisione è quella di acquisire un'innovazione essenzialmente di processo, incorporata in un bene capitale e generata all'esterno del settore. Appartengono a tale settore molte imprese del settore agricolo ma anche imprese quali "Fabbricazioni di mobili", "Preparazione e tintura di pellicce; articoli in pelliccia" e "Confezioni di altri articoli in vestiario" riconducibili al settore *ICT-using manufacturing*. Le industrie appena identificate sono quelle più diffuse sul territorio nazionale (tabella 4.1).

Il settore *Pavitt 2*, identificato con i settori *scale-intensive*, include tutte le industrie che producono su larga scala. In esse l'innovazione riguarda sia i processi sia i prodotti. A questo settore appartengono industrie quali "Editoria", "Stampa e attività connesse alla stampa" riconducibili al settore *ICT-using manufacturing*.

Il settore *Pavitt 3* individua le industrie specializzate (*specialised supplier*) nella produzione di beni capitali (Costruzione e installazione macchine, macchine tessili per cucire) dove l'attività innovativa si esplicita attraverso la produzione di nuovi macchinari adottati da altri settori. In tale gruppo vengono identificate tutte le industrie *ICT-producing manufacturing*.

Infine, nel settore *Pavitt 4* ad alta tecnologia (*science-based*): l'attività innovativa si estrinseca all'interno dell'impresa con elevati investimenti in Ricerca e Sviluppo. A questo settore sono riconducibili sia industrie *ICT-producing manufacturing* quali, ad esempio, "Fabbricazioni di apparecchi medicali e chirurgici; ortopedici" sia industrie *ICT-using manufacturing* quali, ad esempio, "Fabbricazione di macchine per ufficio, di elaboratori e sistemi informatici". Queste ultime sono quelle meno presenti sul territorio nazionale.

Dalla tabella 4.4 possiamo rilevare che le imprese che hanno effettuato investimenti in informatica nel triennio 1998-2000 sono distribuite per la maggior parte nel Nord-ovest, con una percentuale del 38%, e del 32% nel Nord-est; del 17% nel Centro e, soltanto, il 12% nel Sud e nelle Isole. Inoltre, circa il 59% delle imprese appartiene al settore Pavitt 1. Infatti, su 49.698⁴ imprese che hanno effettuato investimenti in

³ Le industrie classificate secondo la tassonomia di Pavitt sono state sintetizzate in appendice.

⁴ Il dato si riferisce alla numerosità campionaria, utilizzata da Capitalia, per ciascuno strato (classe di addetti e area geografica), successivamente Capitalia ha suddiviso proporzionalmente il numero di imprese, al fine di ottenere la ricostruzione a livello merceologico dell'universo.

informatica 29.581 appartiene al settore tradizionale. In questo settore il peso del Nord-ovest e quello del Nord-est si equivalgono; infatti, il 33,3% delle imprese (9.871 su 29.581) risiede nella prima macroarea ed il 32,6 nella seconda. I rimanenti settori di Pavitt sono distribuiti nel seguente modo: il 25% circa delle imprese al settore *Pavitt 3*, il 13% circa al settore *Pavitt 2*, e soltanto il rimanente 3% alle industrie del settore *Pavitt 4*.

Tab. 4.4: Imprese che nel triennio 1998-2000 hanno effettuato investimenti in informatica suddivise per classi di attività economica ed area geografica

		Area Geografica					Totale
		Nord-Ovest	Nord-Est	Centro	Sud e Isole		
Classe di attività economica	Pavitt 1	Nr	9.871	9.656	5.918	4.226	29.581
		%	19,68	19,43	11,91	8,50	59,52
	Pavitt 2	Nr	2.687	1.667	1.118	851	6.324
		%	5,41	3,35	2,25	1,71	12,72
	Pavitt 3	Nr	5.689	4.316	1.521	840	12.366
		%	11,45	8,68	3,06	1,69	24,88
	Pavitt 4	Nr	753	323	252	99	1.427
		%	1,52	0,65	0,51	0,20	2,87
	Totale	Nr	18.910	15.962	8.810	6.016	49.698
		%	38,05	32,12	17,73	12,11	100

Fonte: Nostre elaborazioni su dati Capitalia (Nota: i dati si riferiscono alla numerosità campionaria utilizzata da Capitalia)

Se teniamo conto della distribuzione per i settori di Pavitt nel campione e, di conseguenza, nell'universo di riferimento possiamo affermare, con maggiore precisione, qual'è stata la percentuale degli investimenti nei diversi settori.

Le imprese appartenenti al settore tradizionale sono pari al 52,3% mentre il totale delle imprese dello stesso settore che hanno effettuato investimenti in informatica è pari a 59,52. Pertanto, possiamo affermare che i settori tradizionali hanno investito in misura maggiore rispetto al loro peso. Il settore *scale intensive* è distribuito nella popolazione con una percentuale del 18,1% mentre il totale degli investimenti, in tale settore, è pari a 12,72 di conseguenza il peso degli investimenti è stato più basso. Il settore *specialised suppliers* presente nella popolazione con una percentuale del 24,3% ha effettuato investimenti in informatica con una percentuale del 24,88 mantenendosi, pertanto, al di sopra della media. Infine, il settore ad alta tecnologia presente nel campione con una percentuale del 5,3% ha investito con una percentuale pari quasi alla metà del suo peso, cioè, del 2,87%.

Lo stesso discorso può essere fatto per quanto riguarda la distribuzione geografica. Il Nord-ovest è pari al 39,9% del campione che è una percentuale molto vicina a quella delle imprese che hanno effettuato investimenti in informatica appartenenti a tale macroarea pari a 38,05%. Lo stesso non accade per il nord-est.

Infatti, le imprese che appartengono a tale area geografica sono il 27,4%, ma la percentuale di queste imprese che hanno effettuato investimenti in informatica è molto più elevata e pari a 32,12%. Il contrario avviene sia per il Centro sia per il Sud e le isole. Infatti, la percentuale delle imprese situate nel Centro Italia è pari a 20,6% mentre quella delle imprese che hanno effettuato investimenti è 17,73%. Il sud e le isole che rappresentano il 14,4% del campione hanno investito con una percentuale del 12,11%.

Tale risultato è, parzialmente, confermato da quanto riportato nella tabella 4.5, nella quale sono riportate le imprese che hanno effettuato investimenti in informatica, nel triennio 1998-2000, come percentuale sul totale delle imprese che hanno effettuato investimenti. Le imprese che hanno una percentuale più elevata sono localizzate nel Nord-est, con una percentuale del 85,1%. Le imprese del centro che hanno effettuato investimenti in informatica appartenenti alle imprese che hanno effettuato investimenti sono pari all'83,3%. A seguire, il Nord-ovest con una percentuale dell'82,2% ed, infine, il sud e isole con una percentuale del 81,2%. In generale, in Italia le imprese che hanno effettuato degli investimenti in *Information technology* delle imprese che hanno investito sono pari all'83,2%.

Tab. 4.5: Imprese che nel triennio 1998-2000 hanno effettuato investimenti in informatica suddivise per classi di attività economica ed area geografica ed espresse come percentuale sul totale delle imprese che hanno effettuato investimenti in generale

		Area Geografica					
		Nord-Ovest	Nord-Est	Centro	Sud e Isole	Totale	
Classe di attività economica	Pavitt 1	Nr	9.871	9.656	5.918	4.226	29.581
		%	79,3	83,9	82,4	80,2	81,5
	Pavitt 2	Nr	2.687	1.667	1.118	851	6.324
		%	87,6	80,7	81,8	83,2	84,0
	Pavitt 3	Nr	5.689	4.316	1.521	840	12.366
		%	83,9	89,3	87,4	86,6	86,3
	Pavitt 4	Nr	753	323	252	99	1.427
		%	91,9	91,8	90,3	65,8	89,1
Totale	Nr	18.910	15.962	8.810	6.016	49.698	
	%	82,2	85,1	83,3	81,2	83,2	

Fonte: Nostre elaborazioni su dati Capitalia (Nota: i dati del campione relativi alle imprese con meno di 500 addetti sono riportati all'universo)

La percentuale più elevata di imprese che hanno investito in IT sul totale delle imprese che hanno effettuato investimenti appartiene al settore Pavitt 4 con una percentuale pari ad 89,1%. Al contrario, il settore con una percentuale più bassa è il Pavitt 1 pari all'81,5%.

Nella tabella 4.6 è riportata la distribuzione degli investimenti in informatica secondo la disaggregazione: *hardware*, *software* e telecomunicazioni.

È importante sottolineare che, rispetto all'indagine precedente, è cambiata in media la ripartizione delle spese in IT, è diminuita la percentuale di hardware informatico (dal 53,5% al 48,4%) a favore del software (dal 43% al 44,9%) e delle telecomunicazioni (dal 3,5% al 6,7%). L'incidenza di quest'ultima voce cresce all'aumentare della dimensione aziendale ed è più forte nel settore ad alta tecnologia (Capitalia, 2002).

Tab. 4.6: Distribuzione percentuale degli investimenti in hardware, software e telecomunicazioni nel triennio 1998-2000

		Area Geografica					
		Nord-Ovest	Nord-Est	Centro	Sud e Isole	Totale	
Classe di attività economica	Pavitt 1	hw	48,1	48,0	48,7	50,3	48,5
		sw	45,9	45,9	45,5	42,4	45,3
		tlc	6,0	6,1	5,8	7,2	6,2
	Pavitt 2	hw	49,7	49,1	46,5	53,6	49,5
		sw	43,0	44,6	45,8	36,7	43,1
		tlc	7,3	6,3	7,7	9,7	7,4
	Pavitt 3	hw	46,8	47,2	49,9	50,7	47,6
		sw	45,6	44,9	44,4	43,6	45,1
		tlc	7,6	7,9	5,7	5,7	7,3
	Pavitt 4	hw	50,5	44,5	55,7	53,0	50,2
		sw	40,7	47,0	30,8	42,8	40,5
		tlc	8,8	8,5	13,5	4,3	9,3
Totale	hw	48,0	47,8	48,8	50,9	48,4	
	sw	45,2	45,5	44,9	41,8	44,9	
	tlc	6,8	6,6	6,3	7,4	6,7	

fonte: Capitalia, 2002

Nella tabella possiamo notare che gli investimenti in informatica si distribuiscono quasi allo stesso modo sia nei quattro settori Pavitt sia nelle quattro macroaree. Infatti, circa il 50% degli investimenti in informatica è volto all'*hardware*, il 40% al *software* e il 10% alle telecomunicazioni.

Da tale suddivisione si può notare che gli investimenti in telecomunicazioni sono in misura ridotta rispetto agli altri due tipi di investimenti in informatica.

Il settore *Pavitt 4* (il meno diffuso sul territorio nazionale) è quello dove si investe di più in telecomunicazioni. Infatti, nelle due macroaree Centro e Sud e Isole l'investimento è pari a 13,5% sul totale degli investimenti in informatica. Il settore dove si investe di meno in telecomunicazioni è il settore *Pavitt 3*. Infatti, sempre nel Centro e nel Sud e Isole, la percentuale questa volta scende al 5,7.

Tab. 4.7: Distribuzione percentuale degli investimenti in hardware, software e telecomunicazioni nel triennio 1998-2000, per classe di addetti ed aree geografiche

			Area Geografica				
			Nord-Ovest	Nord-Est	Centro	Sud e Isole	Totale
11-20	hw		48,8	47,6	49,8	52,9	49,0
	sw		45,6	45,6	44,9	40,4	44,9
	tlc		5,6	6,9	5,3	7,7	6,1
21-50	hw		48,7	49,4	48,0	48,4	48,8
	sw		44,8	44,9	44,9	44,4	44,8
	tlc		6,5	5,7	7,1	7,1	6,4
51-250	hw		45,8	45,1	47,2	52,8	46,5
	sw		44,7	47,1	45,9	37,6	44,9
	tlc		9,5	7,9	6,8	9,6	8,6
Classe di addetti 251-500	hw		42,2	46,0	53,4	60,4	46,4
	sw		49,2	45,3	38,7	24,8	44,5
	tlc		8,6	8,7	7,9	14,8	9,1
Oltre 500	hw		41,4	46,7	47,6	28,3	43,4
	sw		51,0	42,9	38,7	65,0	47,3
	tlc		7,6	10,4	13,6	6,7	9,3
Totale	hw		48,0	47,8	48,8	50,9	48,4
	sw		45,2	45,5	44,9	41,8	44,9
	tlc		6,8	6,6	6,3	7,4	6,7

fonte: Capitalia, 2002

Il settore con una percentuale maggiore degli investimenti in *hardware* informatico è il *Pavitt 4* con il peso più elevato dato dal Centro. Sempre in tale settore si investe di meno rispetto agli altri in *software*. Questo è comprensibile se si pensa che tali settori sono quelli dove l'attività di innovazione è svolta all'interno dell'impresa. Al contrario, nei settori *Pavitt 1 e 3* si investe maggiormente in *software* con una percentuale rispettivamente di 45,3 e 45,1. Tuttavia, sono proprio questi i settori (tradizionali e

specializzati) che acquistano le innovazioni realizzate nei settori ad alta tecnologia e sono più orientati verso il mercato globale.

Risultati simili sono riportati nella tabella 4.7. In essa le imprese sono suddivise sempre per area geografica ma anziché secondo la tassonomia di Pavitt, secondo la classe di addetti. Secondo tale classificazione le imprese hanno investito per circa il 50% degli investimenti in hardware, il 40% in software ed il 10% in telecomunicazioni. In realtà, tutte le imprese investono meno del 10% in telecomunicazioni anche se la percentuale aumenta con l'aumentare delle dimensioni dell'impresa oppure secondo la posizione spostandosi dal Nord-ovest verso il Sud e isole.

Capitalia (2002) indica la suddivisione degli investimenti in IT per tipo di applicazione ed afferma che i sistemi amministrativi e gestionali rappresentano la componente di gran lunga più importante con il 56,4% del totale, seguiti dai sistemi di produzione con il 22,7%, dai sistemi commerciali con l'11,3%, da internet, intranet, extranet con il 7,9% e da altre applicazioni con l'1,7%. Il peso dei sistemi amministrativi e gestionali cresce man mano che si scende nella dimensione ed è più forte nei sistemi tradizionali e di scala. Al contrario, nei settori specializzati e nell'alta tecnologia il minor peso dei sistemi amministrativi e gestionali è bilanciato dalla maggior incidenza dei sistemi di produzione e commerciali.

4. La specificazione econometrica

Il punto di partenza della nostra analisi microeconomica è stato quello di studiare una funzione di produzione Cobb-Douglas:

$$Y_i = A_i K_i^\alpha L_i^{1-\alpha}$$

La scelta di una forma moltiplicativa deriva da ragioni economiche prima ancora che da proprietà matematiche. È impensabile, infatti, sostenere che il rendimento di un fattore sia completamente indipendente dalla quantità impiegata degli altri fattori. Infatti, in una funzione additiva:

$$Y = A + \alpha K + (1 - \alpha)L$$

la produttività marginale del fattore capitale, α , non è influenzata dai valori assunti dal fattore lavoro. Al contrario, in una funzione moltiplicativa, e di conseguenza anche nella funzione Cobb-Douglas, la produttività marginale del capitale è: $\alpha A * K^{\alpha-1} * L^{1-\alpha}$ ed il suo valore cresce al crescere della quantità di lavoro (Infante, 1992: 62).

Se ci concentriamo sull'input capitale è evidente che ogni impresa utilizza un capitale non omogeneo, diversamente composto. Ai fini della nostra analisi è importante distinguere il capitale ICT dagli altri tipi di capitale. Pertanto, il passo successivo è stato quello di dividere il capitale in ICT e non-ICT, in modo da ottenere la seguente funzione:

$$Y_{i,t} = A_{i,t} Kict_{i,t}^{\alpha} Knict_{i,t}^{\beta} L_{i,t}^{1-\alpha-\beta}$$

e, dividendo entrambi i membri per L otteniamo;

$$\frac{Y_{i,t}}{L_{i,t}} = \frac{A_{i,t} Kict_{i,t}^{\alpha} Knict_{i,t}^{\beta}}{L_{i,t}^{\alpha+\beta}}$$

Di conseguenza in termini di produttività del lavoro, avremo:

$$\left(\frac{Y}{L}\right)_{i,t} = A_{i,t} \left(\frac{Kict}{L}\right)_{i,t}^{\alpha} \left(\frac{Knict}{L}\right)_{i,t}^{\beta} \quad (4.1)$$

ed in logaritmi, avremo:

$$\ln\left(\frac{Y}{L}\right)_{i,t} = \ln A_{i,t} + \alpha \ln\left(\frac{Kict}{L}\right)_{i,t} + \beta \ln\left(\frac{Knict}{L}\right)_{i,t} \quad (4.2)$$

dove:

$\frac{Y}{L_{i,t}}$ = valore aggiunto per addetto dell'impresa i al tempo t

$\frac{Kict}{L_{i,t}}$ = capitale per addetto ICT dell'impresa i al tempo t

$\frac{Knict}{L_{i,t}}$ = capitale per addetto non-ICT dell'impresa i al tempo t

Inoltre, differenziando rispetto al tempo ed indicando con le lettere minuscole i precedenti rapporti, avremo:

$$\frac{y}{y_i} = \frac{A}{A_i} + \alpha \frac{Kict}{Kict_i} + \beta \frac{Knict}{Knict_i} \quad i = 1, 2, \dots, n$$

che costituisce l'equazione di base che abbiamo utilizzato nelle nostre stime.

La precedente equazione stimata è simile a quelle utilizzate da Brynjolfsson e Hitt 2000, Lichtenberg, 1993, e Kudyba e Diwan, 2002.

Il primo stima una funzione del tipo:

$$\ln(Q)_{ij} = \beta_1 \ln(L)_{ij} + \beta_2 \ln(K)_{ij} + \beta_3 \ln(IK)_{ij}$$

dove L, K ed IK si riferiscono a lavoro, capitale e capitale IT.

I secondi stimano la seguente una funzione:

$$\ln(Q)_{ij} = \beta_1 \ln(IL)_{ij} + \beta_2 \ln(L)_{ij} + \beta_3 \ln(IK)_{ij} + \beta_4 \ln(K)_{ij}$$

dove β sono i valori dei parametri che denotano l'elasticità di ciascuno degli input (lavoro e capitale ICT e non-ICT). La funzione è stata stimata per i imprese in j anni distinti.

4.1 Il capitale ICT

Il capitale ICT è stato costruito utilizzando le ultime due indagini Mediocredito sulle imprese manifatturiere (settima ed ottava). Ricordiamo che la settima indagine si riferisce al triennio 1995-1997 e l'ottava al triennio 1998-2000. Entrambe le indagini riportano il dato dell'ammontare degli investimenti in informatica sostenuto nel triennio di riferimento. Il codice fiscale è la variabile di collegamento tra le due indagini che consente di selezionare le imprese censite sia nella VII sia nell'VIII indagine. In tale modo il campione di 4.496 imprese della settima indagine e di 4.680 dell'ottava si riduce a 1.295 imprese. Di queste ultime 25 non hanno risposto alla domanda sugli investimenti in informatica per il triennio 1995-97 e 44 non hanno risposto nella seconda indagine. Due di queste non hanno risposto sia nella prima sia nella seconda indagine. Delle imprese che hanno dato una risposta 900 hanno investito negli anni 1995-97 e 996 hanno investito nel secondo periodo considerato. Di queste 1.184 hanno investito in almeno uno dei due trienni.

Per calcolare il tasso di crescita del capitale ICT, data l'indisponibilità dei dati (siamo in possesso di due soli valori triennali) abbiamo ipotizzato che il tasso di crescita del capitale ICT sia pari all'investimento in ICT più l'investimento deprezzato del periodo precedente. Il calcolo che abbiamo fatto è il seguente, dato il valore del capitale dei due trienni:

$$Kict_{1998-2000} = (1 - \delta)Kict_{1995-1997} + Iict_{1998-2000}$$

$$Kict_{1995-97} = (1 - \delta)Kict_{1992-94} + Iict_{1995-97}$$

Il tasso di crescita è pari a:

$$\ln\left(\frac{Kict_{1998-2000}}{Kict_{1995-1997}}\right)$$

Cioè:

$$\ln\left(\frac{(1-\delta)Kict_{1995-1997} + Iict_{1998-2000}}{(1-\delta)Kict_{1992-1994} + Iict_{1995-1997}}\right)$$

Esplicitando:

$$\ln\left(\frac{(1-\delta)[Kict_{1992-1994} + Iict_{1995-1997}] + Iict_{1998-2000}}{(1-\delta)Kict_{1992-1994} + Iict_{1995-1997}}\right)$$

Ed ipotizzando che il capitale ICT del triennio 1992-94 sia pari a zero, $Kict_{1992-1994} = 0$.

Si ha:

$$\ln\left(\frac{(1-\delta)Iict_{1995-1997} + Iict_{1998-2000}}{Iict_{1995-1997}}\right) \quad (4.3).$$

Anche in questo caso, seguendo altri autori, ad esempio Oliner e Sichel (1994) abbiamo ipotizzato un tasso di deprezzamento del 25%.

In questo modo otteniamo il tasso di crescita del capitale ICT che utilizzeremo per calcolare il contributo di quest'ultimo alla crescita della produttività del lavoro.

4.2 Le variabili utilizzate

Nella tabella 4.8 sono state sintetizzate le variabili utilizzate nei diversi modelli oggetto della nostra analisi. Più specificamente:

- VA indica il valore aggiunto di un'impresa, per la quale nelle indagini Mediocredito è riportato il valore annuale;
- *Kict* indica il capitale ICT che è stato costruito come indicato nel paragrafo precedente;
- *Knict* indica il capitale non-ICT, cioè a dire quel capitale che non incorpora le tecnologie dell'informazione e della telecomunicazione. Per costruire tale variabile si è scelto di utilizzare la somma tra immobilizzazioni tecniche nette e

delle immobilizzazioni immateriali nette^{5,6}. Da tale valore è stato, successivamente, sottratto il valore del capitale-ICT;

Tab. 4.8: Lista delle variabili utilizzate

<i>Variabili</i>	<i>Descrizione</i>
<i>VA</i>	Valore aggiunto
<i>Kict</i>	Capitale ICT
<i>Knict</i>	Capitale non-ICT: (immobilizzazioni tecniche nette + immobilizzazioni immateriali nette – capitale ICT)
<i>L</i>	Occupati
<i>TFP</i>	Produttività totale dei fattori
<i>Eta</i>	Età dell'impresa
<i>Ict</i>	Composizione degli investimenti all'interno dell'impresa
<i>Imm</i>	Composizione delle immobilizzazioni all'interno dell'impresa
<i>Oi</i>	Variabile organizzativo imprenditoriale, calcolata come rapporto tra imprenditori, dirigenti e quadri ed impiegati ed operai
<i>Fatt</i>	Fatturato
<i>Area</i>	4 variabili dummies per le macroaree geografiche (1 = Nord-ovest 2 = Nord-est; 3 = Centro; 4 = Sud e isole)
<i>Pavitt</i>	4 variabili dummies per i settori di Pavitt (1 = tradizionali; 2 = ad alta intensità di scala; 3 = fornitori specializzati; 4 = alta tecnologia)
<i>Debiti</i>	Debiti a m/l termine verso le banche
<i>driqualif</i>	Variabile dummy che indica se l'impresa effettua la riqualificazione dei dipendenti

⁵ Le immobilizzazioni immateriali, secondo quanto disposto dall'articolo 2426 del c.c., comprendono le seguenti voci: 1) costi di impianto e di ampliamento; 2) costi di ricerca di sviluppo e di pubblicità; 3) diritti di brevetto industriale e diritti di utilizzazione delle opere dell'ingegno; 4) concessioni, licenze, marchi e diritti simili; 5) avviamento; 6) immobilizzazioni in corso e acconti, 7) altre. Sempre secondo lo stesso articolo del c.c. le immobilizzazioni materiali comprendono: 1) terreni e fabbricati; impianti e macchinari; 2) attrezzature industriali e commerciali; 3) altri beni; 4) Immobilizzazioni in corso e acconti.

L'aggettivo nete indica che sono state depurate dell'ammortamento.

⁶ Non sono state incluse in tale voce le immobilizzazioni finanziarie 1) partecipazioni in: a) imprese controllate; b) imprese collegate; c) imprese controllanti; d) altre imprese. 2) crediti: a) verso imprese controllate; b) verso imprese collegate; c) verso controllanti; d) verso altri. 3) altri titoli. 4) azioni proprie.

- L indica il numero degli occupati, nelle due indagini è riportato il valore annuale;
- TFP indica la produttività totale dei fattori costruita come specificato nel paragrafo successivo;
- eta indica l'età dell'impresa ed è calcolata come differenza tra l'anno corrente e l'anno di costituzione dell'impresa;
- Ict indica la composizione degli investimenti, calcolata come rapporto tra gli investimenti ICT e gli investimenti non-ICT;
- Imm indica la composizione delle immobilizzazioni calcolata come rapporto tra le immobilizzazioni immateriali e le immobilizzazioni materiali;
- Oi , la variabile organizzativo imprenditoriale, è calcolata come rapporto tra la somma degli imprenditori i quadri ed i dirigenti e la somma degli impiegati e degli operai;
- $Fatt$, indica il fatturato di un'impresa. Nelle indagini mediocredito è riportato il valore annuale;
- $Pavitt$ suddivide le imprese secondo la tassonomia di Pavitt individuata nel paragrafo 3: Imprese tradizionali, imprese ad alta intensità di scala, imprese specializzate ed imprese ad alta tecnologia;
- $Area$ suddivide le imprese secondo le 4 macroaree geografiche: imprese situate nel Nord-Ovest, nel Nord-Est, 3 nel Centro e nel Sud e nelle Isole.
- $Debiti$: debiti a medio/lungo termine verso le banche.
- $Driqualif$: variabile dummy uguale ad 1 quando nelle imprese l'introduzione di nuove tecnologie ha comportato: assunzione di nuovo personale qualificato, riqualificazione dei dipendenti mediante ricorso a proprie agenzie esterne, riqualificazione dei dipendenti mediante ricorso a proprio personale.

5. I risultati ottenuti dalla stima della funzione di produzione Cobb-Douglas

Lo studio della funzione di produzione Cobb-Douglas presentata nel paragrafo precedente ha lo scopo di verificare l'impatto che le tecnologie ICT hanno sia sulla crescita della produttività del lavoro sia sulla crescita della produttività totale dei fattori.

Come accennato in precedenza l'equazione di base è stata la seguente:

$$\frac{\dot{y}}{y_i} = a + \alpha_1 \frac{\dot{K}ict}{Kict_i} + \alpha_2 \frac{\dot{K}nict}{Knict_i} + \varepsilon \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4.4)$$

ed è stata stimata sia per l'intera industria manifatturiera sia per i settori di Pavitt.

L'equazione è stata stimata, inoltre, sia con il metodo dei minimi quadrati ordinari (OLS) sia con variabili strumentali (2SLS). Questo perché l'uso delle variabili strumentali è consigliato quando si ha qualche ragione per ritenere che le variabili

indipendenti di una regressione siano correlate con il suo errore. Ciò può dipendere dal fatto che nella regressione vi sia l'omissione di qualche variabile, e ciò rende l'errore sistematico. Oppure perché i regressori siano essi stessi variabili endogene. In tal caso, la correlazione dei regressori con l'errore rende il parametro stimato con gli OLS incoerente: non tende cioè asintoticamente al vero valore del parametro. Ed in presenza di correlazione tra gli errori e le variabili esplicative del modello le stime sarebbero distorte anche per grandi campioni: In generale, se i regressori endogeni sono correlati negativamente con l'errore, il metodo dei minimi quadrati sottostima l'impatto della variabile, mentre lo sovrastima nel caso di correlazione positiva. La scelta di utilizzare le variabili strumentali si fonda, inoltre, sul fatto che è ragionevole ritenere che la scelta del capitale e del lavoro da parte dell'impresa possa essere influenzata da altre variabili. Ad ogni modo, l'endogeneità di ogni variabile è stata testata con il Durbin-Wu-Hausman χ^2 test il quale conferma la nostra ipotesi.

I risultati ottenuti dalla stima dell'equazione 4.5, sui dati relativi all'intera industria manifatturiera, riportati nella tabella 4.9, mostrano che tutte le variabili sono significative e del segno atteso. Ciò significa che sia il tasso di crescita del capitale ICT per addetto sia il tasso di crescita del capitale non-ICT per addetto hanno una relazione positiva e significativa con il tasso di crescita della produttività del lavoro.

Il potere esplicativo della funzione non è molto elevato. Nella stima OLS le due variabili inserite nel modello sono in grado di spiegare il 22% della variabilità della produttività del lavoro dell'industria manifatturiera. Tuttavia, le *t* di student sono tutte significative e la statistica *F* risulta molto elevata. Il test Reset indica, come probabilmente c'era da attendersi, che nel modello vi sono delle variabili omesse.

Pertanto, il passo successivo è stato quello di stimare la stessa funzione con il metodo delle variabili strumentali (2SLS) per le ragioni illustrate in precedenza. Alcuni studi empirici svolti utilizzando la stessa banca dati del Mediocredito Centrale utilizzano come strumenti: l'età dell'impresa, la quota delle vendite del prodotto principale dell'azienda, le quote dei primi tre clienti e la percentuale di esportazioni (Gambardella e Torrisi, 2001). Altri autori (Aiello e Pupo, 2005) utilizzano la variazione dei debiti commerciali, la variazione della quota del fatturato in subfornitura, l'anno di costituzione dell'impresa e l'intensità della ricerca e sviluppo ritardata di un periodo. Le variabili che noi abbiamo scelto come strumenti sono: la variazione dei debiti, il livello del capitale ICT per occupato ritardato di un periodo, il tasso di crescita del fatturato per addetto e la variabile *driqualif*. Altre variabili sono state inserite come strumenti, quali ad esempio, una proxy del grado di utilizzo degli impianti oppure le esportazioni sul fatturato, ma i risultati non sono cambiati significativamente. La rilevanza e la validità degli strumenti è stata testata esaminando le regressioni del primo stadio ed il Sargan test. Quest'ultimo nella maggior parte delle stime effettuate indica che gli strumenti utilizzati rispettano le condizioni di ortogonalità.

La stima effettuata con il metodo IV evidenzia che entrambe le variabili sono state sottostimate con il metodo dei minimi quadrati ordinari. Infatti, il valore del capitale ICT per addetto passa a 0,06 a 0,19 mentre quello del capitale non-ICT per addetto passa da 0,27 a 0,38. Inoltre, le variabili sono sempre significative e del segno atteso.

Questo indica che il contributo delle ICT alla crescita della produttività del lavoro è positivo e significativo, anche se è ancora più basso rispetto a quello del capitale non-ICT.

Tab. 4.9: Stima della funzione di produzione Cobb-Douglas. Variabile dipendente: tasso di crescita della produttività del lavoro

Parametri	Industria manifatturiera	
	OLS	2SLS
<i>Cost.</i>	-0,57	-0,57
$\frac{\dot{K}_{ict}}{L}$	0,06 (3,30)	0,19 (1,87)
$\frac{\dot{K}_{nict}}{L}$	0,27 (6,46)	0,38 (2,08)
R^2 corretto	0,22	..
<i>Test-F</i> (<i>p-value</i>)	77,03 (0,00)	..
<i>White</i> (<i>p-value</i>)	51,30 (0,00)	..
<i>Pagan-Hall</i> (<i>p-value</i>)	..	8,87 (0,06)
<i>RESET test</i> (<i>p-value</i>)	10,88 (0,00)	..
<i>Nr.</i>	548	319
<i>Osservazioni</i>		

Note: a) In parentesi il test t di Student; b) Quando il test di White risulta significativo le t-student sono state corrette.

Una volta constatato il ruolo dei due tipi di capitale (ICT e non-ICT) nella crescita della produttività dell'industria manifatturiera, il passo successivo è stato quello di stimare la stessa funzione suddividendo il nostro campione secondo la tassonomia di Pavitt.

6. Una verifica a livello settoriale

I precedenti risultati ci hanno spinto a verificare se il basso contributo dato dal capitale ICT alla crescita della produttività del lavoro sia da attribuire ai settori di attività economica in cui l'impresa opera ed, in particolare, se operare in settori ad alta o bassa intensità di tecnologia influenzi il rendimento dei fattori legati a quest'ultima. Abbiamo, pertanto, provveduto a disaggregare il campione secondo la tassonomia di Pavitt che classifica le imprese secondo le caratteristiche dei modelli settoriali di cambiamento tecnologico.

Questa classificazione trova le sue radici nelle fonti dell'innovazione, nelle richieste degli utilizzatori e nelle possibilità di appropriabilità della stessa presentate da ciascun settore. Pur essendo molto generale essa consente, tuttavia, di orientarsi nei modi attraverso cui un'impresa forma la sua capacità tecnologica.

La tabella 4.10 mostra i risultati ottenuti. Ricordiamo che il settore Pavitt 1 (supplier-dominated) è il più forte comparto dell'industria manifatturiera italiana e ciò è dimostrato anche nel numero delle osservazioni presenti nelle singole stime.

Anche nel sottoinsieme di imprese riguardanti il settore Pavitt 1 tutte le variabili sono significative e del segno atteso. Il test di White indica la presenza di eteroschedasticità e, pertanto, le stime sono state corrette secondo la matrice di varianza e covarianza di White. In tale caso l' R^2 corretto, rispetto alla stima vista in precedenza, risulta un po' più elevato e pari a 0,37; mentre la statistica F rimane altamente significativa. Il test reset risulta ancora significativo.

Anche in questo caso il metodo OLS rispetto a quello 2SLS sottostima i valori dei parametri relativi al capitale ICT per addetto ed al capitale non-ICT per addetto. Infatti, il valore del capitale ICT passa da 0,07 a 0,23 e quello capitale non-ICT passa da 0,34 a 0,39. Si può, quindi, notare che le nuove tecnologie sono importanti anche nei settori tradizionali, ciò confermano la nostra ipotesi sulle nuove tecnologie come tecnologie pervasive.

Sempre nella stessa tabella è riportata la stima del modello di produttività relativa al settore Pavitt 2 (scale-intensive). Tale stima non mostra risultati apprezzabili per il capitale ICT. Infatti, sia nella stima OLS sia nella stima 2SLS tale variabile non è significativa, mentre il capitale non-ICT è significativo in entrambe le stime e il valore del parametro aumenta da un tipo di stima ad un'altro.

Ricordiamo che il settore Pavitt 2 si riferisce alle industrie del settore manifatturiero che producono su larga scala e, quindi, ci si dovrebbe aspettare che il contributo del capitale ICT sia molto elevato. Il nostro risultato potrebbe significare, probabilmente che tali imprese, hanno già compiuto la transizione tecnologica.

I risultati della stima del modello di produttività effettuata con il metodo OLS relativa al settore Pavitt 3 (specialized-supplier) sono significativi per entrambe le variabili. Anche se in questo caso il potere esplicativo della funzione è molto basso e

capace di spiegare, soltanto, il 9% della variabilità totale della crescita della produttività del lavoro. I valori dei parametri aumentano da una stima a quella successiva.

Tab. 4.10: Stima della funzione di produzione Cobb-Douglas, variabile dipendente tasso di crescita della produttività del lavoro

Parametri	Pavitt1		Pavitt2		Pavitt3		Pavitt 4	
	OLS	2SLS	OLS	2SLS	OLS	2SLS	OLS	2SLS
$Cost.$	-0,56	-0,56	-0,53	-0,62	-0,60	-0,49	-0,75	-1,03
$\frac{\dot{K}ict}{L}$	0,07	0,23	0,01	-0,10	0,04	0,11	0,06	1,35
	(2,58)	(2,39)	(0,19)	(-0,72)	(2,03)	(1,99)	(0,37)	(1,58)
$\frac{\dot{K}nict}{L}$	0,34	0,39	0,27	0,42	0,16	0,37	0,11	1,07
	(5,55)	(3,15)	(2,06)	(1,95)	(3,63)	(2,09)	(0,82)	(0,95)
R^2 corretto	0,37	..	0,10	..	0,09	..	0,03	..
Test-F	75,27	..	5,72	..	7,96	..	0,34	..
(p-value)	(0,00)	..	(0,00)	..	(0,00)	..	(0,71)	..
White	71,84	..	15,47	..	3,68	..	1,98	..
(p-value)	(0,00)	..	(0,01)	..	(0,59)	..	(0,85)	..
Pagan-Hall	..	5,02	..	11,32	..	2,78	..	0,53
(p-value)	..	(0,29)	..	(0,02)	..	(0,43)	..	(0,97)
RESET test	10,74	..	0,44	..	2,67	..	0,76	..
(p-value)	(0,00)	..	(0,72)	..	(0,05)	..	(0,54)	..
Nr. Osservaz.	261	162	101	69	166	102	20	11

Inoltre, il parametro del capitale ICT passa da 0,04 a 0,11, mentre quello del capitale non-ICT passa da 0,16 a 0,37 utilizzando un metodo di stima oppure un altro.

Infine, sempre nella tabella 4.10 è riportata la stima del modello relativo al settore Pavitt 4. Ricordiamo che il settore *Pavitt 4* è riconducibile alle imprese ad alta tecnologia (*science-based*) dove l'attività innovativa si estrinseca in imprese con elevati investimenti in Ricerca e Sviluppo.

E' bene sottolineare è che in tale caso il numero delle osservazioni si riduce in maniera drastica. Infatti, le imprese del settore ad alta tecnologia che compongono il nostro campione sono soltanto venti per la stima OLS e undici imprese per la stima con le variabili strumentali.

I risultati non sono significativi né per quanto riguarda le variabili né per i test. Tale risultato potrebbe derivare dal basso numero di osservazioni (imprese) che compongono tale settore e da andamenti opposti degli investimenti tra i due anni, oppure, poiché in questo caso si tratta di imprese *science based*, manca una variabile rilevante, le spese in

R&S, per la determinazione del modello di produttività. Altri lavori (Aiello e Pupo, 2005) costruiscono, sulla base degli investimenti in ricerca e sviluppo, un capitale tecnologico che potrebbe essere di aiuto per la spiegazione della produttività di tali imprese.

7. La produttività totale dei fattori

La verifica empirica che abbiamo condotto in precedenza era fondata sull'ipotesi che le nuove tecnologie abbiano un effetto che si esplica principalmente sulla crescita della produttività del lavoro. In ogni caso, come abbiamo discusso nel primo capitolo, gli effetti delle nuove tecnologie ICT si esercitano anche attraverso la produttività totale dei fattori. E' per tale ragione che ora la nostra attenzione si rivolge in questa direzione per arrivare alla stima della produttività totale dei fattori.

La produttività totale dei fattori (TFP) è stata calcolata secondo la seguente specificazione:

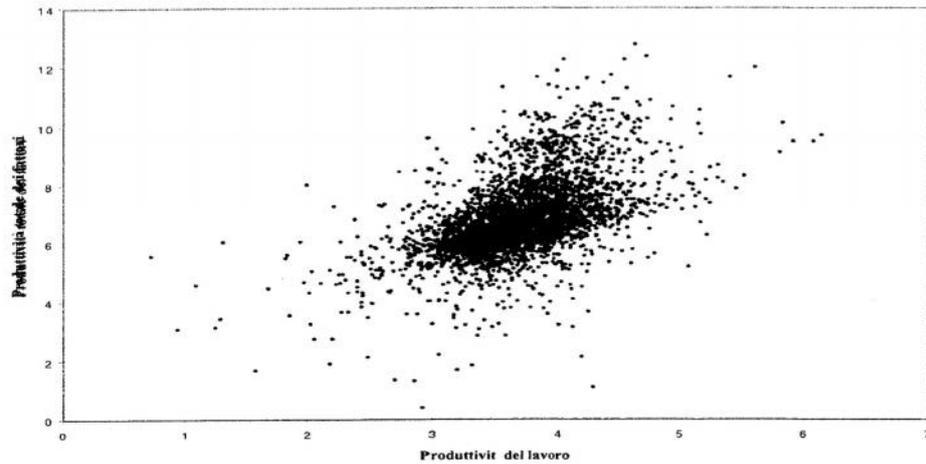
$$\ln A = \ln VA - \alpha \ln K - (1 - \alpha) \ln L \quad (4.5)$$

dove α è stato calcolato secondo la metodologia OECD (2001a) illustrata sempre nel precedente capitolo.

Altri lavori, ad esempio Gambardella e Torrìsi (2001) utilizzano metodologie differenti. In tale caso, l'elasticità del fattore lavoro è stata calcolata come il rapporto fra costo del lavoro e vendite, mentre l'elasticità del fattore capitale è stata calcolata ipotizzando che il capitale copra gran parte dei restanti fattori produttivi interni dell'impresa. Pertanto, la quota del fattore capitale può essere ipotizzata pari al rapporto della differenza del valore aggiunto e del costo del lavoro sulle vendite dell'impresa. I risultati delle due elasticità del capitale e del lavoro così calcolate risultano pari, rispettivamente, a 0,20 e 0,11.

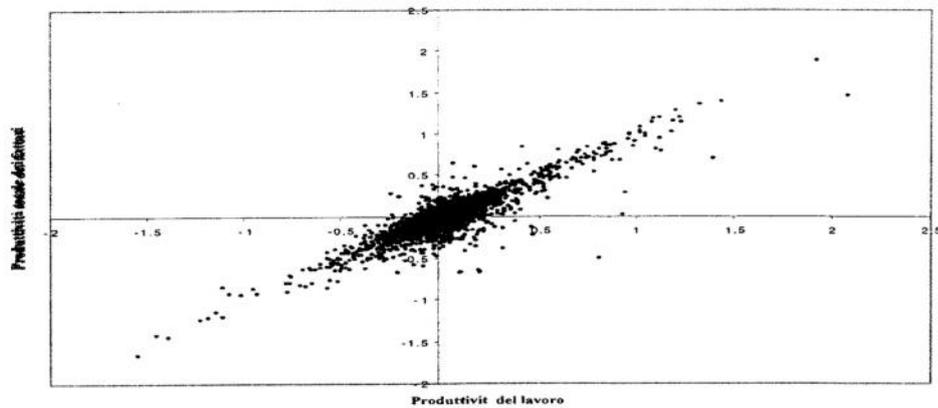
Nel nostro esercizio abbiamo utilizzato la metodologia OECD sopramenzionata e, così come hanno fatto anche Gambardella e Torrìsi (2001), i dati utilizzati di α ed $(1-\alpha)$ sono quelli derivanti dalla media di tutte le imprese del campione, ciò per evitare che la produttività totale dei fattori sia influenzata da shock a livello di impresa.

Fig. 4.4: Produttività del lavoro e produttività totale dei fattori (livelli)



fonte: nostre elaborazioni su dati Mediocredito

Fig. 4.5: Produttività del lavoro e produttività totale dei fattori (tassi di crescita medi 1998-2000)



fonte: nostre elaborazioni su dati Mediocredito

I risultati della TFP che abbiamo ottenuto sono stati posti in relazione con la produttività del lavoro (figura 4.4 e 4.5). I dati rappresentati nella figura 4.4 sono espressi in livelli ed indicano che tra le due misure di produttività esiste una relazione

positiva. Tale risultato viene confermato anche quando si considerano le stesse variabili espresse in tassi di crescita.

Infatti, anche nella figura 4.5 tra le due misure di produttività esiste una relazione positiva e, in quest'ultimo caso, risulta quasi lineare.

Il grafico, risulta interessante perché mette in evidenza che le imprese che hanno registrato nel periodo 1998-2000 una diminuzione della produttività del lavoro hanno anche registrato una diminuzione della produttività totale dei fattori. Al contrario, le imprese che hanno registrato una crescita della produttività mostrano una proporzionale crescita della TFP.

7.1 Una verifica sulla restrizione dei parametri

Nella stima non-parametrica effettuata per il calcolo della TFP i risultati che abbiamo ottenuto di α e di $(1-\alpha)$, le elasticità del capitale e del lavoro sono risultate pari, rispettivamente, a 0,35 e 0,65. Il punto è che per calcolare le due elasticità abbiamo fatto delle restrizioni sui parametri ipotizzando rendimenti di scala costanti.

Tab. 4.11: Stima della una funzione di produzione. Variabile dipendente VA

Parametri	Industria manifatturiera	
	OLS	2SLS
Cost.	2,98	3,00
K	0,18 (13,47)	0,22 (10,63)
L	0,86 (42,83)	0,81 (31,89)
R^2 corretto	0,89	..
Test-F (p-value)	771,71 (0,00)	..
White (p-value)	4,78 (0,00)	..
RESET test (p-value)	3,58 (0,00)	..
Nr. Osservazioni	1183	574

Note: In parentesi il test-t. di Student; quando il test di White risulta significativo le t-student sono state corrette.

Per verificare la nostra ipotesi abbiamo stimato una semplice funzione di produzione Cobb-Douglas senza suddividere il capitale in ICT e non-ICT.

I risultati ottenuti sono presentati nella tabella 4.11.

La funzione di produzione, ancora una volta, è stata stimata sia con il metodo OLS sia con il metodo delle variabili strumentali (2SLS). In entrambi i casi le variabili sono sempre significative e del segno atteso, ed i test sono molto elevati, mentre il reset test indica sempre la presenza di variabili omesse.

In realtà, il risultato che volevamo evidenziare è quello delle due elasticità del capitale e del lavoro. Nella prima stima (OLS) tali elasticità sono pari a 0,18 e 0,86, mentre nella seconda (2SLS) sono pari a 0,22 e 0,81. Il passaggio alla stima con le variabili strumentali ci porta ad affermare che il parametro del capitale era stato sottostimato mentre quello del lavoro sovrastimato.

Anche se i valori delle due elasticità non sono uguali a quelle che noi avevamo calcolato con il metodo non parametrico, utilizzato dall'OECD, vediamo che la somma delle due elasticità (0,22 e 0,81) non è molto differente dall'unità, il che ci induce a ritenere che la precedente restrizione all'unità dei parametri utilizzati nel calcolo della TFP non abbia influenzato di molto i nostri risultati.

8. La produttività totale dei fattori e la composizione degli input utilizzati

Nei precedenti capitoli abbiamo spesso sottolineato che le tecnologie ICT sono da intendere, soprattutto, come tecnologie ad ampio raggio (*General Purpose Technologies*) che non riguardano soltanto l'approfondimento di capitale destinato agli occupati ma coinvolgono tutto l'assetto organizzativo e produttivo dell'impresa. In tale senso abbiamo sottolineato che l'influenza maggiore delle ICT è esercitata sulla TFP, la produttività totale dei fattori.

In questo paragrafo cercheremo di verificare i fattori che influenzano la produttività totale dei fattori delle imprese, tenendo in particolare considerazione la composizione degli input all'interno delle imprese stesse. In tale modo, approfondiremo due terreni esplorati da Gambardella e Torrisi (2001) a livello di impresa e da Basu et al. (2003) a livello industriale.

Secondo la teoria economica (Solow, 1957) la TFP è un residuo che riflette la "misura della nostra ignoranza". In genere si sostiene che tale residuo sia l'effetto di alcuni fattori non rappresentati nella funzione di produzione neoclassica come il progresso tecnico, la qualità del capitale, la qualità del lavoro, le economie di scala statiche e dinamiche derivanti da learning by-doing, l'organizzazione e le capacità imprenditoriali dell'impresa. Pertanto, per spiegare la TFP abbiamo ipotizzato il seguente modello:

$$\ln TFP = \alpha + \beta_1 \ln(Inv) + \beta_2 \ln(Imm) + \beta_3 \ln(Oi) + \beta_4 \ln(fatt) + Z + \varepsilon$$

dove:

- $Inv = \frac{invict}{invnict}$ indica la composizione degli investimenti all'interno delle imprese ed è costruita come rapporto tra gli investimenti ICT e gli investimenti non-ICT;
- $Imm = \frac{immimm}{immat}$ indica la composizione delle immobilizzazioni, sempre all'interno dell'impresa, ed è costruita come rapporto tra le immobilizzazioni immateriali e le immobilizzazioni materiali;
- $Oi = \frac{impr + dir + quadri}{impieg + operai}$ indica la composizione del lavoro come rapporto tra gli imprenditori, i dirigenti ed i quadri e gli impiegati e gli operai;
- $fatt$ indica il fatturato dell'impresa.
- Z : rappresenta un vettore di variabili dummy. 3 per i quattro settori di Pavitt e 3 per le 4 macroaree geografiche.

Quando in precedenza abbiamo parlato di ICT come *General Purpose Technologies* abbiamo fatto riferimento alle trasformazioni tecniche ed organizzative necessarie per accogliere nell'impresa le nuove tecnologie. Tali trasformazioni non possono che ripercuotersi sulla produttività di tutti i fattori. Pertanto, associare la TFP alla composizione dei fattori produttivi vuol dire sottoporre ad un test la nostra ipotesi se le tecnologie ICT ed il lavoro necessario al loro utilizzo hanno un impatto positivo sulla produttività totale dell'impresa.

La precedente relazione è stata stimata per il triennio 1995-97, per il triennio 1997-2000 e come pool delle due indagini.

I risultati che abbiamo ottenuto sono presentati nella tabella 4.12.

Anche in questo caso sono stati utilizzati due diversi metodi di stima: il metodo dei minimi quadrati ordinari e dei minimi quadrati a due stadi. In entrambe le stime i risultati mostrano una relazione positiva e significativa delle variabili incluse nel modello con il livello della produttività totale dei fattori. In modo più specifico, per il triennio 1995-1997, la stima OLS indica che il potere esplicativo della funzione non è molto elevato anche se le variabili esplicative utilizzate sono tutte significative e del segno atteso. Quando il test di White oppure il test Pagan-Hall risultano significativi, le t di student sono state corrette. Analizzando le singole variabili notiamo che il rapporto tra gli investimenti ICT e gli investimenti non-ICT ha una relazione positiva e significativa con la TFP di un'impresa. Cioè a dire, all'aumentare degli investimenti in informatica, e quindi all'aumentare dell'utilizzo delle tecnologie dell'informazione e della telecomunicazione si ha un effetto positivo sulla produttività totale dei fattori. L'elasticità stimata di tale variabile non è molto elevata. Tuttavia, notiamo che aumenta quando si cambia il metodo di stima.

Tab. 4.12: Stima della funzione della TFP per l'industria manifatturiera nel suo complesso. Variabile dipendente: Ln(TFP)

Param.	Triennio 1995-97		Triennio 1998-00		Pooled data	
	OLS	2SLS	OLS	2SLS	OLS	2SLS
Cost.	2,45	2,98	1,51	1,79	2,17	2,37
Ln_Inv	0,04 (5,21)	0,06 (2,56)	0,02 (3,66)	0,06 (4,18)	0,03 (6,06)	0,06 (4,66)
Ln_Imm	0,02 (3,43)	0,14 (4,11)	0,03 (5,90)	0,13 (6,42)	0,03 (6,55)	0,06 (2,42)
Ln_Oi	0,08 (5,59)	0,05 (0,64)	0,02 (2,01)	0,01 (0,19)	0,04 (4,91)	0,11 (2,15)
Ln_fatt	0,06 (7,25)	0,06 (3,34)	0,08 (8,92)	0,10 (4,07)	0,07 (11,74)	0,09 (6,39)
D_Pavitt 2	0,06 (2,73)	0,10 (3,38)	0,08 (3,43)	0,08 (2,31)	0,07 (4,26)	0,07 (3,81)
D_Pavitt 3	0,12 (4,97)	0,13 (1,92)	0,17 (8,19)	0,08 (2,53)	0,15 (10,18)	0,11 (5,58)
D_Pavitt 4	0,11 (2,54)	0,14 (2,27)	0,14 (3,64)	0,11 (2,29)	0,13 (4,37)	0,07 (1,98)
D_Area 1	0,25 (8,09)	0,13 (2,48)	0,34 (12,74)	0,25 (6,13)	0,30 (12,86)	0,25 (10,18)
D_Area 2	0,26 (7,55)	0,12 (2,23)	0,33 (12,08)	0,25 (5,84)	0,30 (12,71)	0,25 (9,91)
D_Area 3	0,28 (7,55)	0,14 (2,29)	0,31 (10,64)	0,25 (5,55)	0,29 (11,25)	0,24 (8,93)
D_temp	..	..	..	..	-0,45 (-34,33)	-0,47 (-29,67)
R ² corretto	0,16	..	0,20	..	0,38	..
Test-F (p-value)	34,79 (0,00)	..	63,61 (0,00)	..	236,90 (0,00)	..
White (p-value)	149,14 (0,00)	..	241,17 (0,00)	..	290,90 (0,00)	..
Pagan-Hall (p-value)	..	33,02 (0,48)	..	11,53 (0,48)	..	38,21 (0,00)
RESET test (p-value)	5,33 (0,00)	..	9,73 (0,00)	..	10,52 (0,00)	..
Nr. Osserv.	1801	1216	2500	1361	4301	2577

fonte: Nostre elaborazioni su dati Mediocredito

L'altra variabile esplicativa inserita è quella della composizione delle immobilizzazioni, questo perché, oltre a considerare la composizione degli investimenti ICT e non ICT, è importante tenere conto anche della composizione del capitale poiché le nuove tecnologie spingono verso la dotazione di capitali immateriali che difficilmente

sono riconducibili al capitale fisico tradizionale. Abbiamo affermato, nel primo capitolo, che l'informazione, i brevetti, le licenze, ad esempio, possono essere visti come degli input che a differenza degli altri non sono tangibili e sono valorizzabili soltanto mediante il loro utilizzo. L'impatto di tale variabile sulla produttività totale dei fattori è positiva e significativa e la stima con le variabili strumentali indica che la sua elasticità era stata sottostimata con il metodo OLS.

Le nuove tecnologie contribuiscono all'aggiornamento tecnologico della capacità produttiva delle imprese. Naturalmente, per valutare meglio il ruolo del progresso tecnologico occorre considerare i cambiamenti organizzativi necessari per far funzionare al meglio le nuove tecnologie. Infatti, nel primo capitolo abbiamo affermato che le nuove tecnologie, viste come *General Purpose Technologies*, sono passate da un ruolo specializzato, e limitato ai processi di informazione e di comunicazione di alcune imprese, ad un ruolo più generale. Sono diventate, cioè, un mezzo essenziale per supportare il controllo e le decisioni prese all'interno delle imprese. Infatti, i cambiamenti attribuiti a queste tecnologie includono nuovi modelli di produzione e organizzazione del lavoro. Inoltre, come affermato da Brynjolfsson, 1996; Bresnahan et al., 2002; Brynjolfsson et al., 2000, (si veda il capitolo secondo) i fattori complementari che influenzano i pay-off dell'investimento in ICT a livello di impresa sono da attribuire all'organizzazione ed alle pratiche del management. Pertanto, abbiamo deciso di inserire nel nostro modello la variabile *Oi* (organizzativo-imprenditoriale) poiché, come affermato nel terzo capitolo, è sulla TFP che si riflettono gli effetti dei cambiamenti organizzativi, come risultato di una migliore allocazione delle risorse. Il contributo dato da tale variabile alla TFP è positivo e significativo soltanto nella stima effettuata con il pool di dati ed il valore del parametro aumenta con l'utilizzo delle variabili strumentali.

L'altra variabile che abbiamo inserito nel modello è il logaritmo del fatturato che è stata inserita come proxy delle economie di scala dinamiche delle imprese. Infatti, come affermato in precedenza, la TFP è un indice che mostra come il capitale ed il lavoro siano utilizzati nel tempo per generare valore aggiunto e riflette gli effetti combinati di diverse variabili quali, ad esempio, le economie di scala statiche e dinamiche, derivanti dal learning by doing, che, nel nostro caso, sono approssimate dal fatturato.

Anche il contributo di questa variabile alla TFP è positivo e significativo in entrambe le stime ed il relativo coefficiente di elasticità aumenta dal primo al secondo periodo, confermando la nostra ipotesi.

Nel modello sono state, inoltre, inserite variabili dummy indicanti i quattro settori di Pavitt e le quattro macroaree geografiche. La variabile omessa per i settori di Pavitt è la Pavitt 1 che si riferisce ai settori tradizionali, mentre per le aree geografiche è stata omessa l'Area 4 (sud e isole). Tutte le variabili dummy sono significative e con un segno positivo.

Per quanto riguarda le aree geografiche le stime dimostrano che, nel primo triennio, l'area più efficiente risulta il Centro Italia, mentre nel secondo triennio diventa il Nord-

Ovest, dimostrando che i processi di cambiamento tecnologico e ristrutturazione hanno iniziato ad avere propri effetti sull'efficienza dell'area.

Inoltre, occorre ricordare che, nella stima effettuata con il metodo dei minimi quadrati a due stadi, le variabili utilizzate come strumenti sono: la variabile *eta*, il rapporto tra gli investimenti ed il fatturato dell'impresa, il logaritmo del numero di occupati che hanno un titolo di studio superiore al diploma ed una proxy per l'utilizzo della capacità produttiva costruita come rapporto tra materie prime e macchinari ed attrezzature. Anche in questo caso altre variabili sono state utilizzate come strumenti senza mostrare, però, cambiamenti significativi. La significatività delle variabili strumentali è stata verificata al primo stadio della regressione ed il test di Sargan effettuato indica che gli strumenti utilizzati rispettano le condizioni di ortogonalità.

L'endogeneità delle variabili è stata testata, anche in questo caso con Wu-Hausman test.

Risultati simili si ottengono, infine, anche per la stima effettuata con il pool di dati. Chiaramente, in questo caso il numero di osservazioni aumenta ed i valori dei parametri non variano sensibilmente, soltanto che in questo caso la variabile *oi* risulta significativa. Nella stima effettuata con il pool di dati è stata inserita una dummy temporale, la quale risulta essere negativa e significativa. Ciò sta ad indicare che nel secondo triennio si è assistito ad una caduta della produttività totale dei fattori, confermando che la tendenza alla perdita di competitività dell'industria italiana è avvenuta negli anni finali dello scorso secolo.

I risultati ottenuti dalle nostre stime ci consentono di affermare che sia la composizione degli input all'interno delle imprese sia le economie di scala hanno un impatto positivo sulla produttività totale dei fattori.

8.1 *Imprese che investono ed imprese che non investono in informatica*

Il passo successivo della nostra analisi è stato quello di stimare la relazione fra la produttività totale dei fattori e gli input utilizzati dividendo il campione in due parti: le imprese che hanno investito in informatica e le imprese che, al contrario, nel triennio considerato non hanno effettuato investimenti in ICT, naturalmente per fare ciò abbiamo dovuto eliminare dal nostro modello la variabile *Ict*. La ragione di tale scelta è che nei risultati della precedente analisi, le imprese che non avevano effettuato investimenti in ICT venivano automaticamente escluse.

La nostra funzione, pertanto, diventa:

$$\ln TFP = \alpha + \beta_1 \ln(Imm) + \beta_2 \ln(Oi) + \beta_3 \ln(fatt) + \beta_4 Z + \varepsilon$$

Tab. 4.13: Stima della funzione della TFP per le imprese che investono in informatica.
Variabile dipendente: LnTFP

Param.	Triennio 1995-97		Triennio 1998-00		Pooled data	
	OLS	2SLS	OLS	2SLS	OLS	2SLS
Cost.	2,37	3,10	1,47	1,68	2,10	2,36
Ln_Imm	0,03 (5,16)	0,22 (5,43)	0,04 (7,89)	0,18 (9,82)	0,04 (9,22)	0,11 (4,74)
Ln_Oi	0,08 (6,31)	0,11 (1,39)	0,03 (2,53)	0,03 (0,43)	0,05 (5,94)	0,14 (2,81)
Ln_fatt	0,06 (7,08)	0,07 (3,76)	0,09 (9,83)	0,12 (4,33)	0,08 (12,20)	0,10 (6,84)
D_Pavitt 2	0,04 (1,84)	0,09 (2,57)	0,06 (2,67)	0,05 (1,39)	0,05 (3,27)	0,05 (2,87)
D_Pavitt 3	0,13 (5,69)	0,03 (0,86)	0,18 (9,26)	0,11 (3,68)	0,16 (11,10)	0,11 (5,50)
D_Pavitt 4	0,13 (2,78)	-0,03 (-0,44)	0,17 (4,19)	0,03 (0,50)	0,16 (5,30)	0,06 (1,78)
D_Area 1	0,27 (7,05)	0,15 (2,59)	0,34 (12,24)	0,26 (6,60)	0,31 (13,78)	0,25 (10,13)
D_Area 2	0,29 (7,22)	0,15 (2,48)	0,33 (11,87)	0,25 (5,88)	0,31 (13,71)	0,25 (9,85)
D_Area 3	0,31 (6,81)	0,14 (2,11)	0,32 (10,46)	0,26 (5,92)	0,31 (12,22)	0,24 (8,74)
D_temp	..	..	..	..	-0,44 (-34,11)	-0,47 (-29,15)
R ² corretto	0,15	..	0,19	..	0,36	..
Test-F (p-value)	38,99 (0,00)	..	76,73 (0,00)	..	265,50 (0,00)	..
White (p-value)	156,04 (0,00)	..	198,88 (0,00)	..	288,95 (0,00)	..
Pagan-Hall (p-value)	..	26,57 (0,01)	..	8,60 (0,56)	..	37,06 (0,00)
RESET test (p-value)	6,36 (0,00)	..	8,16 (0,00)	..	9,76 (0,00)	..
Nr. Osserv.	1892	1246	2825	1678	4717	2924

fonte: nostre elaborazioni su dati Mediocredito

Tab. 4.14: Stima della funzione della TFP per le imprese che non investono in informatica. Variabile dipendente: LnTFP

Param.	Triennio 1995-97		Triennio 1998-00		Pooled data	
	OLS	2SLS	OLS	2SLS	OLS	2SLS
Cost.	2,25	0,47	1,57	3,05	2,08	2,16
LnImm	0,04 (4,49)	0,04 (0,38)	0,03 (4,21)	0,05 (4,12)	0,04 (6,40)	0,08 (2,60)
LnOi	0,12 (6,66)	0,13 (1,68)	0,07 (5,06)	0,12 (0,79)	0,06 (5,29)	0,15 (0,79)
Lnfatt	0,08 (4,58)	0,10 (2,11)	0,01 (0,53)	0,09 (2,38)	0,08 (7,71)	0,12 (2,03)
Pavitt 2	0,12 (2,98)	0,11 (0,86)	0,04 (0,92)	0,08 (1,33)	0,08 (2,82)	0,03 (0,55)
Pavitt 3	0,15 (3,46)	0,01 (0,03)	0,10 (2,51)	0,10 (0,47)	0,12 (4,05)	0,10 (1,93)
Pavitt 4	0,08 (0,91)	0,25 (0,85)	0,14 (1,99)	-0,13 (-0,99)	0,11 (2,03)	0,11 (1,84)
Area 1	0,35 (6,90)	0,23 (2,07)	0,40 (8,55)	0,24 (3,65)	0,38 (10,98)	0,26 (4,45)
Area 2	0,39 (7,59)	0,19 (1,09)	0,40 (7,96)	0,31 (3,65)	0,40 (10,95)	0,31 (5,21)
Area 3	0,40 (7,38)	0,06 (0,37)	0,28 (5,54)	0,22 (2,40)	0,34 (9,04)	0,22 (3,21)
D_temp	..	..	..	..	-0,50 (-21,13)	-0,50 (-10,57)
R ² corretto	0,20	..	0,16	..	0,34	..
Test-F (p-value)	21,95 (0,00)	..	19,48 (0,00)	..	35,49 (0,00)	..
White (p-value)	32,34 (0,00)	..	75,16 (0,00)	..	64,30 (0,12)	..
Pagan-Hall (p-value)	..	3,32 (0,99)	..	12,10 (0,36)	..	18,66 (0,13)
RESET test (p-value)	4,05 (0,01)	..	2,75 (0,04)	..	0,26 (0,85)	..
Nr. Osserv.	785	355	901	474	1686	829

fonte: nostre elaborazioni su dati Mediocredito

I risultati che abbiamo ottenuto dalla stima di questa funzione per le imprese che hanno investito nelle nuove tecnologie sono presentati nella tabella 4.13, mentre i risultati della stima della stessa funzione per le imprese che non hanno investito in informatica sono presentati nella tabella 4.14.

Le stime, per le due tipologie di imprese, sono state effettuate sempre per i due trienni e come pool di dati. La metodologia utilizzata è stata sia quella OLS sia quella IV (2SLS).

L'aspetto su cui vogliamo portare la nostra attenzione è che se confrontiamo il modello stimato per i diversi campioni i valori delle elasticità sono più elevati nelle imprese che investono in informatica rispetto a quelle che non investono. E ciò accade sia nei due trienni sia per l'analisi pooled.

Tuttavia, i valori dei parametri diminuiscono da un triennio a quello successivo. Infatti, se confrontiamo il valore delle elasticità della variabile *imm* nel primo triennio è pari a 0,22 mentre nel secondo triennio è pari al 18% (stima 2SLS) per le imprese non investitrici, la stessa elasticità è pari a 0,03 e del 0,04. Lo stesso accade per la variabile *Oi* che nel primo campione ha un'elasticità pari a 0,12 e 0,07 rispettivamente per il primo e per il secondo triennio ed un'elasticità pari a 0,08 e 0,11 per le imprese che non investono. Il contrario accade per la variabile *fatt* che assume sempre un valore più elevato per le imprese che hanno investito ma a differenza delle altre variabili analizzate il valore del parametro aumenta dal primo al secondo periodo. Anche in questo caso la dummy temporale assume un valore negativo ed indica, pertanto, che il valore della TFP diminuisce dal primo al secondo periodo e ciò è confermato dal valore dei parametri tra i due trienni.

L'analisi comparata delle due stime per le due diverse tipologie di impresa ci consente di affermare che le imprese che investono in ICT mostrano delle performance migliori rispetto a quelle che non investono in informatica. La crescita, per tale tipo di imprese, dei parametri delle variabili incluse nel modello dimostra che le imprese, che hanno investito in nuove tecnologie, ricevono degli effetti positivi sulla TFP dovuti alle maggiori immobilizzazioni immateriali, alla migliore organizzazione ed alle economie di scala.

Infine, l'ultimo passo della nostra analisi è stato quello di stimare un nuovo modello per includere nel campione sia le imprese che investono in informatica sia quelle che non investono. Il modello che abbiamo stimato può essere sintetizzato nel seguente modo:

$$\ln TFP = \alpha + \beta_1 d(Inv) + \beta_2 d \ln(Inv) + \beta_3 \ln(Imm) + \beta_4 \ln(Oi) + \beta_5 \ln(fatt) + Z + \varepsilon$$

in tale modello abbiamo inserito una variabile dummy che assume valore uno se le imprese investono in informatica e zero altrimenti. Inoltre, la variabile *Inv* è stata modificata nel seguente modo: la variabile assume valore zero se le imprese hanno investito in informatica in caso contrario la variabile assume un valore pari al logaritmo del rapporto tra gli investimenti in informatica e degli altri investimenti.

Tab. 4.15: Stima della funzione della TFP per l'industria manifatturiera nel suo complesso. Variabile dipendente: Ln(TFP)

Param.	Triennio 1995-97		Triennio 1998-00		Pooled data	
Cost.	2,35	2,89	1,49	1,62	2,10	2,25
D_invict	0,06 (2,06)	0,19 (2,36)	0,06 (2,58)	0,22 (3,97)	0,05 (2,96)	0,19 (3,90)
LnIct	0,03 (4,43)	0,08 (3,24)	0,02 (3,67)	0,08 (4,75)	0,03 (5,64)	0,07 (4,68)
LnImm	0,03 (5,58)	0,19 (6,12)	0,03 (7,33)	0,12 (6,02)	0,03 (9,03)	0,08 (2,25)
LnOi	0,09 (7,87)	-0,03 (-0,36)	0,02 (2,62)	0,01 (0,94)	0,05 (6,55)	0,10 (2,01)
Lnfatt	0,06 (8,50)	0,05 (2,51)	0,08 (10,13)	0,10 (3,68)	0,08 (13,72)	0,09 (5,73)
D_Pavitt 2	0,08 (3,81)	0,10 (3,13)	0,07 (3,22)	0,07 (2,07)	0,07 (4,94)	0,06 (3,70)
D_Pavitt 3	0,13 (6,57)	0,04 (1,19)	0,15 (8,44)	0,08 (2,55)	0,14 (10,95)	0,10 (5,39)
D_Pavitt 4	0,11 (2,79)	0,03 (0,48)	0,14 (3,58)	0,02 (0,31)	0,13 (4,78)	0,07 (1,84)
D_Area 1	0,28 (8,69)	0,15 (5,68)	0,36 (14,01)	0,26 (7,01)	0,32 (16,04)	0,26 (11,92)
D_Area 2	0,31 (9,28)	0,16 (3,58)	0,35 (13,42)	0,26 (6,58)	0,33 (16,11)	0,27 (11,87)
D_Area 3	0,32 (8,76)	0,17 (3,45)	0,31 (10,83)	0,24 (5,77)	0,31 (13,65)	0,26 (10,22)
D_temp	..	..	..	..	-0,46 (-39,95)	-0,47 (-32,31)
Metodo di stima	OLS	2SLS	OLS	2SLS	OLS	2SLS
R ² corretto	0,17	..	0,19	..	0,21	..
Test-F (p-value)	48,30 (0,00)	..	72,69 (0,00)	..	127,97 (0,00)	..
White (p-value)	129,51 (0,00)	..	240,95 (0,00)	..	262,49 (0,00)	..
Pagan-Hall (p-value)	..	40,86 (0,00)	..	15,49 (0,22)	..	35,02 (0,00)
RESET test (p-value)	3,86 (0,01)	..	11,45 (0,00)	..	8,52 (0,00)	..
Nr. Osserv.	2559	1561	3401	1857	5960	4314

fonte: nostre elaborazioni su dati Mediocredito

In questo modo la prima variabile (dummy semplice) ci dice come varia l'intercetta della nostra retta se le imprese investono oppure non investono in informatica, mentre la seconda ci dice come si sposta la pendenza della retta per le imprese che investono in informatica.

Tale relazione può essere incorporata nel modo seguente:

$$\ln TFP = (\alpha + \beta_1) + \beta_2 \ln(Inv) + \beta_3 d \ln(Imm) + \beta_4 \ln(Oi) + \beta_5 \ln(fatt) + Z + \varepsilon$$

infatti, se la variabile dummy risultasse positiva ciò significherebbe che le imprese che investono in informatica hanno un'intercetta della retta più elevata, nel caso contrario l'intercetta sarebbe minore. La seconda variabile dummy, al contrario influenza la pendenza della retta, quindi ad un valore positivo delle dummy corrisponde una pendenza maggiore e viceversa.

I risultati della stima del nuovo modello, effettuato sia con il metodo OLS sia con quello di variabili strumentali sono presentati nella tabella 4.15.

In essa possiamo notare che entrambe le variabili dummy (semplice ed interattiva) sono sempre significative e del segno atteso ed il loro coefficiente aumenta passando da un metodo di stima all'altro. Inoltre, il valore della dummy semplice (D_{invict}) aumenta dal primo al secondo triennio, e nel pooled data assume un valore pari a 0,19.

La dummy interattiva (\ln_{inv}) aumenta passando da un metodo di stima all'altro ma rimane, sostanzialmente, immutata nei due trienni. Anche in questo caso la dummy temporale assume un valore negativo ed indica che passando da un periodo ad un altro, si assiste ad una diminuzione della TFP.

Mentre i parametri delle altre variabili esplicative mantengono il segno e l'ampiezza.

Le analisi che abbiamo effettuato ci confermano la nostra ipotesi sull'importanza che rivestono le nuove tecnologie sulla produttività, e ci consentono di affermare, inoltre, che le imprese che investono in ICT ottengono performance migliori rispetto a quelle che non investono in ICT. Tale risultato ci permette di affermare che con il passare del tempo gli effetti delle nuove tecnologie possono concorrere ad una crescita della TFP.

Conclusioni

In questo capitolo abbiamo studiato l'impatto che le tecnologie ICT hanno avuto sulla produttività delle imprese manifatturiere italiane.

L'analisi si è concentrata prevalentemente sul settore manifatturiero utilizzando i dati delle due ultime indagini del Mediocredito Centrale.

Il punto di partenza della nostra analisi microeconomica è stato quello di utilizzare una funzione di produzione Cobb-Douglas per stimare una funzione di crescita sulla produttività del lavoro. La distinzione tra capitale ICT e capitale non-ICT ci ha permesso di valutare il diverso contributo di questi due fattori alla crescita della produttività del lavoro, ed abbiamo visto che utilizzando una metodologia di stima appropriata il contributo degli investimenti in ICT alla crescita della produttività del

lavoro diventa più alto, anche se il contributo del capitale non-ICT rimane sempre superiore. Questo risultato è valido per le imprese che hanno investito in ICT in entrambi i periodi di analisi.

Anche la disaggregazione settoriale, secondo la tassonomia di Pavitt, ha confermato tale ipotesi evidenziando come in alcuni settori il contributo delle tecnologie ICT sia molto forte.

Il settore Pavitt 1 è quello che mostra i più alti effetti delle nuove tecnologie. Se pensiamo che il settore Pavitt 1 fa riferimento alle imprese tradizionali sembra quasi che esista una contraddizione. In realtà, dall'analisi fatta sugli investimenti si evince che le imprese di tale settore sono quelle che investono maggiormente in ICT ed il maggiore effetto è ascrivibile al fatto che le tecnologie che esse assumono sono tecnologie generali.

Successivamente, utilizzando la metodologia adottata dall'OECD (2001a), abbiamo provveduto a stimare la produttività totale dei fattori per tutte le imprese manifatturiere comprese nelle due indagini. Abbiamo poi utilizzato i valori ottenuti per stimare un modello sui determinanti della TFP che tenesse conto delle caratteristiche costitutive del nuovo paradigma delle ICT: la produttività intersettoriale e la necessità di adattare l'impresa alle nuove tecnologie.

I risultati raggiunti evidenziano che le tecnologie dell'informazione e della telecomunicazione aumentano l'efficienza dell'impresa, la produttività totale dei fattori, attraverso la composizione del capitale ICT e non ICT, le maggiori immobilizzazioni immateriali e l'organizzazione dell'impresa. La varietà di impatto delle nuove tecnologie sui vari aspetti dell'impresa e sui settori tradizionali ci porta a confermare la nostra ipotesi che esse si presentino principalmente come tecnologie *general purpose*. Tutto questo accade in un periodo che vede la caduta della TFP nelle imprese manifatturiere italiane quando si passa dal primo al secondo triennio (la dummy temporale presenta il segno negativo ed è fortemente significativa). Tale risultato potrebbe sembrare contraddittorio rispetto all'analisi compiuta ma non è così, poiché è proprio la caduta della TFP che spinge le imprese ad aumentare gli investimenti in ICT, ma gli effetti di tali investimenti, probabilmente effettuati in ritardo ed insufficienti, prima di risultare positivi richiedono una trasformazione degli assetti produttivi ed organizzativi delle imprese che si possono verificare solo nel lungo periodo. Il che significa che le imprese italiane sono ancora nella fase di transizione del nuovo paradigma tecnologico.

Classificazione delle attività economiche

Nomenclatura Istat Ateco 91 a tre cifre utilizzata per costruire la classificazione dei settori secondo il criterio di Pavitt.

Settori ad alta tecnologia

- 223 Riproduzione di supporti registrati
- 242 Fabbricazione di pesticidi e altri prodotti chimici per l'agricoltura
- 244 Fabbricazione di prodotti farmaceutici e medicinali
- 296 Fabbricazione. di armi, sistemi d'arma e munizioni
- 297 Fabbricazione di apparecchi ad uso domestico (escl. riparazione)
- 300 Fabbricazione di macchine per ufficio, di elaboratori e sistemi informatici
- 321 Fabbricazione di tubi e valvole elettronici e di altri componenti elettronici
- 331 Fabbricazione di apparecchi medicali e chirurgici; ortopedici
- 332 Fabbricazione di strumenti di misurazione, controllo (escl. di processi industriali), navigazione
- 333 Fabbricazione di apparecchiature per il controllo di processi industriali
- 353 Costruzione di aeromobili e di veicoli spaziali

Settori di scala

- 211 Fabbricazione Della pasta-carta, della carta e del cartone
- 221 Editoria
- 222 Stampa e attività connesse alla stampa
- 231 Fabbricazione di prodotti di cokeria
- 232 Fabbricazione di prodotti petroliferi raffinati
- 233 Trattamento dei combustibili nucleari
- 241 Fabbricazione di prodotti chimici di base
- 247 Fabbricazione di fibre sintetiche e artificiali
- 252 Fabbricazione di articoli in materie plastiche
- 261 Fabbricazione di vetro e di prodotti in vetro
- 262 Fabbricazione di prodotti in ceramica
- 263 Fabbricazione di piastrelle e lastre in ceramica per pavimenti e Rivestimenti
- 264 Fabbricazione di mattoni tegole e altri prodotti per l'edilizia in Terracotta
- 265 Fabbricazione di cemento, calce e gesso
- 266 Fabbricazione di prodotti in calcestruzzo per l'edilizia
- 268 Fabbricazione di altri prodotti in minerali non metalliferi
- 271 Produzione di ferro, di acciaio e di ferroleghie (ceca)
- 272 Fabbricazione di tubi
- 273 Stiratura laminazione profilatura trafilatura; ferroleghie non Ceca
- 274 Produzione di metalli di base preziosi e non ferrosi

- 275 Fusione di metalli
- 281 Fabbricazione di elementi da costruzione in metallo
- 285 Trattamento e rivestimento dei metalli; lavorazione Meccanica per Conto terzi
- 293 macchine per agricoltura (anche riparazione)
- 313 Fabbricazione di fili e cavi isolati settori di scala
- 314 Fabbricazione di accumulatori, pile e batterie di pile
- 341 Fabbricazione di autoveicoli
- 371 Recupero e preparazione per il riciclaggio di cascami e rottami Metallici
- 372 Recupero e preparazione per il riciclaggio di cascami e rottami non Metallici
- 401 Produzione e distribuzione di energia elettrica
- 402 Produzione di gas; distribuzione di combustibili gassosi mediante condotta
- 403 Produzione e distribuzione di vapore e acqua calda
- 410 Raccolta, depurazione e distribuzione d'acqua

Settori specializzati

- 243 Fabbricazione di pitture smalti e vernici; inchiostri da stampa e mastici
- 267 Taglio, modellatura e finitura della pietra
- 282 Fabbricazione di cisterne serbatoi contenitori in metalli; radiatori; caldaie
- 283 Fabbricazione di generatori di vapore (escl. caldaie)
- 284 Fucinatura imbutitura stampaggio profilatura dei metalli; polveri
- 291 Macchine meccaniche
- 292 Macchine meccaniche
- 294 Macchine utensili (anche installazione e riparazione e accessori)
- 295 Altre macchine meccaniche per impieghi speciali
- 311 Fabbricazione di motori, generatori e trasformatori elettrici
- 312 Fabbricazione di apparecchiature per la distribuzione e il controllo dell'elettricità
- 315 Fabbricazione di apparecchi di illuminazione e di lampade elettriche
- 316 Fabbricazione di apparecchi elettrici n.c.a.
- 322 apparecchi trasmettenti radio, televisione, telefonia (anche riparazioni)
- 323 apparecchi riceventi radio, televisione
- 334 Fabbricazione di strumenti ottici e di attrezzature fotografiche
- 335 Fabbricazione di orologi
- 342 Fabbricazione di carrozzerie per autoveicoli; di rimorchi e di semirimorchi
- 343 Fabbricazione di parti ed accessori per autoveicoli e per loro motori
- 351 Industria cantieristica: costruzioni navali e riparazioni di navi e imbarcazioni
- 352 Costruzione di locomotive e di materiale rotabile ferro-tranviario
- 354 Fabbricazione di motocicli e biciclette
- 355 Fabbricazione di altri mezzi di trasporto n.c.a.
- 363 Fabbricazione di strumenti musicali

Settori tradizionali

- 151 Produzione, lavorazione, conservazione di carne e prodotti a base di carne
- 152 Produzione, lavorazione, conservazione di pesce e prodotti a base di pesce
- 153 Lavorazione e conservazione di frutta e ortaggi
- 154 Fabbricazione di oli e grassi vegetali e animali
- 155 Industria lattiero-casearia
- 156 Lavorazione delle granaglie e di prodotti amidacei
- 157 Fabbricazione di prodotti per l'alimentazione degli animali
- 158 Fabbricazione di altri prodotti alimentari
- 159 Industria delle bevande
- 160 Industria del tabacco
- 171 Preparazione e filatura di fibre tessili
- 172 Tessitura di fibre tessili
- 173 Finissaggio dei tessili
- 174 Confezionamento di articoli in tessuto (escl. vestiario)
- 175 Altre industrie tessili
- 176 Fabbricazione di maglierie
- 177 Fabbricazione di articoli in maglieria
- 181 Confezione di vestiario in pelle
- 182 Confezione di altri articoli di vestiario
- 183 Preparazione e tintura di pellicce; articoli in pelliccia
- 191 Preparazione e concia del cuoio
- 192 Fabbricazione di articoli da viaggio, borse, correggiao, selleria
- 193 Fabbricazione di calzature
- 201 Taglio, piallatura e trattamento del legno
- 202 Fabbricazione di compensato, pannelli
- 203 Fabbricazione elementi di carpenteria in legno e falegnameria
- 204 Fabbricazione di imballaggi in legno
- 205 Fabbricazione di altri prodotti in legno
- 212 Fabbricazione di articoli di carta e di cartone
- 245 Fabbricazione di saponi detersivi detergenti; prodotti per pulizia; profumi
- 246 Fabbricazione di altri prodotti chimici
- 251 Fabbricazione di articoli in gomma
- 286 Fabbricazione di articoli di coltelleria, utensili
- 287 Fabbricazione di altri prodotti metallici
- 361 Fabbricazione di mobili
- 362 Gioielleria e oreficeria
- 364 Fabbricazione di articoli sportivi
- 365 Fabbricazione di giochi e giocattoli
- 366 Altre industrie manifatturiere n.c.a.

CONCLUSIONI

L'obiettivo di questo lavoro è stato quello di analizzare il ruolo delle tecnologie dell'informazione e della telecomunicazione (ICT) come fattore di crescita economica. Molta della letteratura sulla ripresa della crescita della produttività negli Stati Uniti, nella seconda metà degli anni novanta, attribuisce tale andamento al pieno dispiegamento degli effetti delle ICT nell'economia statunitense, in particolare nei settori *ICT-using*.

Tutto ciò è accaduto dopo che, per circa un decennio, si era dibattuto sul paradosso della produttività di Solow che contestava l'evidenza empirica degli effetti dei computer sulla produttività.

Oggi che, almeno negli Stati Uniti, il paradosso della produttività sembra essere risolto, grazie ad una maggiore diffusione delle nuove tecnologie e ad un miglioramento delle statistiche di misurazione della produttività, le domande sono diventate altre: le ICT sono delle *General Purpose Technologies* (GPT), cioè a dire quel tipo di innovazioni tecnologiche drastiche che presentano le caratteristiche della pervasività, del dinamismo tecnologico e delle complementarità innovative? Quale impatto le ICT hanno avuto sulla produttività dell'economia nel suo complesso? Quali sono i settori che ne sono stati maggiormente influenzati? Quale è stato l'impatto delle ICT sulla produttività delle imprese? Nel corso della tesi abbiamo affrontato tali questioni partendo da un'analisi macroeconomica per terminare con un'analisi microeconomica.

Nell'analisi macroeconomica ci siamo posti le domande a) se le ICT rappresentano una *General Purpose Technologies* e b) quale impatto hanno avuto sulla produttività di alcune principali economie occidentali e su quali settori. Per analizzare il fenomeno abbiamo suddiviso gli effetti che le nuove tecnologie hanno sia sul capitale sia sulla produttività totale dei fattori. Questo in quanto le ICT facilitano le innovazioni complementari e permettono di incrementare l'output sia attraverso l'introduzione di nuovi processi produttivi sia attraverso il miglioramento dei prodotti.

Per condurre tale livello di analisi sono stati utilizzati i dati STAN Industrial Database dell'OECD (2003) confrontando quattro diversi paesi: Stati Uniti, Francia, Germania ed Italia mediante stime non parametriche. Le stime sono state realizzate secondo la metodologia di *growth accounting*, sviluppata da Robert Solow negli anni cinquanta per calcolare la produttività totale dei fattori o residuo di Solow, cioè quella parte di crescita, non spiegata dal contributo degli input, da imputare alle variazioni della tecnologia. In tale modo è stato scomposto l'effetto di lungo periodo che causa un aumento della produttività totale dei fattori da quello di breve periodo che causa un aumento del capitale per lavoratore. Inoltre, si è misurato il contributo dato da ogni singola industria al tasso di crescita della produttività del lavoro e della produttività totale dei fattori. Nel nostro lavoro abbiamo verificato, da un lato, l'importanza del

settore *ICT-using* per la crescita della produttività degli Stati Uniti, il che conferma l'ipotesi delle nuove tecnologie come tecnologie *general purpose*. Dall'altro lato, abbiamo verificato che i differenziali di produttività esistenti tra gli Stati Uniti ed i tre paesi europei si registrano principalmente nel settore *ICT-using*, che comprende le industrie che sono relativamente più presenti nei tre paesi europei rispetto agli Stati Uniti.

Nei tre paesi dell'Unione Europea si notano degli sforzi differenziati a livello di investimenti in ICT che non sono ancora sufficienti per migliorare la produttività complessiva delle loro economie, probabilmente perché il capitale ICT è ancora una porzione ridotta del capitale totale ed i suoi effetti non si sono completamente dispiegati su tutti i settori. Il livello degli investimenti delle industrie ICT nel periodo (1980-2000), negli Stati Uniti, sia in percentuale sugli investimenti totali sia in percentuale sul Pil, è sempre più elevato di quello delle tre economie europee. Il risultato degli elevati investimenti in ICT si può vedere nel maggiore contributo che le industrie ICT danno alla crescita della produttività del lavoro. In particolare, dal 1990-95 al 1995-00 il contributo del settore ICT alla crescita della produttività del lavoro degli USA è passato dallo 0,87% all'1,38% mentre in Europa tale risultato non è stato raggiunto. Infatti, i tre paesi europei vedono ridurre il contributo delle industrie ICT alla crescita della produttività. La Francia, dalla prima alla seconda metà degli anni novanta, registra un aumento soltanto delle industrie *ICT-producing manufacturing* e del settore *ICT-using services*, la Germania aumenta il contributo delle industrie *ICT-producing manufacturing*. Infine, per l'Italia cresce soltanto il contributo del *ICT-producing services*, ed anche il contributo del settore non-ICT non aumenta dalla prima alla seconda metà degli anni novanta.

Nell'analisi microeconomica abbiamo verificato l'impatto delle ICT sulla produttività delle imprese. L'importanza delle nuove tecnologie, a tale livello, si estrinseca sotto un duplice aspetto. Da una parte l'investimento in ICT, come altri tipi di investimento, può essere usato direttamente come tecnologia di produzione per migliorare la produttività del lavoro, e dall'altro, come sostengono molti economisti, può essere usata come tecnologia per il coordinamento, poiché le nuove tecnologie informatiche consentono di sfruttare complementarità latenti che non era possibile cogliere in passato a causa degli insostenibili problemi di coordinamento che esse creavano.

L'analisi microeconomica è stata condotta sulla base dei dati delle due ultime indagini del Mediocredito Centrale sull'industria manifatturiera italiana e mostra, in linea con i lavori empirici svolti a tale livello, l'importanza delle ICT anche se la diffusione delle stesse è ancora lenta. Infatti, dall'ultima indagine Mediocredito, delle 4.680 imprese censite, 3.480 hanno effettuato investimenti in informatica nel triennio 1998-2000, con una percentuale di circa il 27% sugli investimenti totali.

L'analisi è stata condotta a livello sia non-parametrico sia parametrico. La prima ha avuto come obiettivo quello di costruire la *total factor productivity*. La seconda si è concentrata sull'impatto che le nuove tecnologie hanno sulle diverse forme di produttività.

Il punto di partenza è stato lo studio di una funzione di produzione intensiva con il capitale distinto in ICT e non-ICT. Tale metodologia ci ha permesso di valutare il diverso contributo di questi due fattori alla crescita della produttività del lavoro per le imprese, che erano presenti in entrambe le indagini Mediocredito e che avevano compiuto investimenti ICT. I risultati ottenuti, effettuando le stime sia con il metodo dei minimi quadrati ordinari sia con il metodo dei minimi quadrati a due stadi (sui quali sono stati condotti i test di endogeneità, di omissione di variabili rilevanti e di eteroschedasticità), hanno mostrato che le ICT hanno rendimenti positivi e significativi ma ancora più bassi rispetto a quelli tradizionali. Anche la disaggregazione secondo la tassonomia di Pavitt ha confermato la nostra ipotesi evidenziando il diverso operare delle tecnologie nei vari settori (è nel settore Pavitt 1 che si registrano i maggiori guadagni di produttività).

La relazione ipotizzata, del contributo delle tecnologie ICT all'aumento della produttività delle imprese, è stata confermata, inoltre, dall'analisi successiva volta a verificare l'impatto delle nuove tecnologie sulla produttività totale dei fattori. Secondo la teoria economica (Solow, 1957) la TFP è un residuo che riflette la "misura della nostra ignoranza". In genere si sostiene che tale residuo sia l'effetto di alcuni fattori tradizionalmente non rappresentati nella funzione di produzione (progresso tecnico, qualità dei fattori produttivi, economie di scala statiche e dinamiche derivanti, organizzazione e capacità imprenditoriali). Pertanto, nel nostro modello abbiamo introdotto alcuni fattori in grado di influenzare positivamente la TFP, quali la composizione degli investimenti, delle immobilizzazioni, il fattore organizzativo-imprenditoriale e le economie di scala. Tutte queste variabili si rivelano, in diverso grado, come significative variabili esplicative della produttività totale dei fattori. Nel modello sono state, inoltre, inserite delle variabili dummy per i settori e l'area geografica. Le prime sono state inserite con l'intento di verificare se l'operare in settori ad alta o bassa intensità di tecnologia influenzi il livello di produttività totale di un'impresa. Viene dimostrato che il livello di produttività dei settori Pavitt 2, 3 e 4 presentano dei livelli di TFP più alti del settore Pavitt 1. Tale risultato induce ad ipotizzare che è proprio nelle imprese del settore, che acquista ed utilizza le nuove tecnologie, che, attraverso maggiori investimenti ICT, si possono avere i maggiori guadagni di produttività. Le dummy geografiche, invece, hanno verificato se il livello della TFP possa essere influenzato anche dalla localizzazione territoriale e dimostrano che le imprese del Sud e delle Isole (utilizzati come caso base) sono quelle con la TFP più bassa e, teoricamente, potrebbero avere i più alti guadagni dagli investimenti in nuove tecnologie.

I risultati raggiunti evidenziano che le tecnologie dell'informazione e della telecomunicazione aumentano l'efficienza dell'impresa, la produttività totale dei fattori, attraverso la composizione del capitale ICT e non ICT, le maggiori immobilizzazioni immateriali e l'organizzazione dell'impresa. La varietà di impatto delle nuove tecnologie sui vari aspetti dell'impresa e sui settori tradizionali ci porta a confermare la nostra ipotesi che esse si presentino principalmente come tecnologie *general purpose*.

Tutto questo accade in un periodo che vede la caduta della TFP nelle imprese manifatturiere italiane quando si passa dal primo al secondo triennio (la dummy temporale presenta il segno negativo e fortemente significativo). Tale risultato potrebbe sembrare contraddittorio rispetto all'analisi compiuta ma non è così, poiché è proprio la caduta della TFP che spinge le imprese ad aumentare gli investimenti in ICT, ma gli effetti di tali investimenti, probabilmente effettuati in ritardo ed in quantità insufficienti, prima di risultare positivi richiedono una trasformazione degli assetti produttivi ed organizzativi delle imprese che si possono verificare solo nel lungo periodo. Inoltre, occorre ricordare che altri autori (Brynjolfsson e Hitt, 2000, e Basu et al, 2003) nei loro lavori indicano che gli effetti degli investimenti in ICT per essere "visibili" nelle statistiche della produttività delle imprese, necessitano di un periodo di tempo che va dai cinque ai dieci anni. Il che significa che le imprese italiane sono ancora nella fase di transizione del nuovo paradigma tecnologico.¹⁴

I risultati che abbiamo ottenuto nel lavoro sono coerenti con la teoria e con altri studi empirici. Essi danno una risposta alle domande che ci siamo posti all'inizio e ci consentono di poter affermare che un aumento degli investimenti nelle nuove tecnologie implica un aumento della produttività sia parziale sia totale. Questo costituisce un elemento importante soprattutto per le implicazioni di politica economica ed industriale in quanto, dal lavoro è emerso che il futuro delle *performances* economiche dei diversi paesi, ed in particolare di quelli europei, dipende soprattutto dalla crescita del settore *ICT-using e producing*. E' per tale motivo che i *policy maker* dovrebbero sollecitare la crescita degli investimenti ICT.

Riferimenti Bibliografici

- Abernathy, W.J., Clark, K.B. (1985), "Innovation: Mapping the Winds of Creative Destruction", *Research Policy* 14, pp. 3-22.
- Aiello, F., Pupo, V., Cardamone, P. (2005), "Produttività e capitale tecnologico nel settore manifatturiero italiano", *L'Industria*, 1, pp. 199-145
- Aiello, F., Pupo, V. (2005), "Il tasso di rendimento degli investimenti in Ricerca e sviluppo delle imprese innovatrici italiane", *Rivista di Politica Economica*, 5-6, pp. 81-117
- Albolino, S., Catino, M., Perulli, P., Aniello, V., Le Galés, P., Fuchs, G., Garnsey, E. (2003), "Le Istituzioni della New Economy", *Istituto di Ricerca Intervento sui Sistemi Organizzativi (IRSO)*
- Ark, B. V. (2001), "The renewal of the old economy: an international comparative perspective", *STI working paper* 2001/5
- Ark, B. V. (2002), "Measuring the new economy: An international comparative perspective", *Review of Income and Wealth*, 48, 1, pp. 1-14
- Ark, B. V. (2003), "ICT investments and growth accounts for the European Union", Research Memorandum GD-56, *Groningen Growth and Development Centre*
- Ark, V. A., Inklaar, R., McGuckin, R. H. (2002), "Changing Gear" Productivity, ICT and Service Industries: Europe and the United States", presented at the *DRUID Summer Conference*, May, mimeo
- Assinform (2003), *Il Rapporto sull'innovazione delle regioni d'Italia*, Net Counsalting
- Assinform (2004), *Il Rapporto sull'innovazione delle regioni d'Italia*, Net Counsalting
- Atella, V., e Quintieri, B. (2002), *Progresso tecnologico, produttività e domanda di fattori nell'industria manifatturiera italiana*, Il Mulino, Bologna
- Baily, M. N., Gordon, R. J. (1988), "The Productivity Slowdown, Measurement Issues and the Explosion of Computer Power", *Brookings Papers in Economic Activity*, N. 2, pp. 347-431
- Baily, M. N., e Lawrence, R. (2001), "Do we have a new e-economy?", *NBER*, Working Paper, N. 8243
- Basile, R. (1998), "Innovazione tecnologia e strategie organizzative delle imprese nell'industria manifatturiera italiana", *Economia e Politica Industriale*, Nr. 100
- Basu, S., Fernald, J. G., Oulton, N., Srinivan, S. (2003), "The case of the missing productivity growth: or, does information technology explain why productivity accelerated in the United States but not the United Kingdom?", *NBER*, wp nr. 10010
- Bell, D. (1973), *The coming of Post-Industrial Society*, New York, Basic Books
- Bernat, G. A. (1996), "Does manufacturing matter?: a spatial econometric view of Kaldor's laws", *Journal of Regional Science* 36, pp. 463-477
- Blades, D. (1987), "Goods and Services in OECD Economies", *OECD Economic Studies*, Nr. 8

- Bosworth, B. P., Triplett, E. J. (2000), *What's new about the New Economy? IT, economic growth and productivity*, Brooking Institution
- Bresnahan, T. F. (1999), "Computerisation and Wage Dispersion: An Analytical Reinterpretation" *Economic Journal*, Royal Economic Society, vol. 109(456), pp. 390-415
- Bresnahan, T. F., Trajtenberg, M. (1995), "General Purpose Technologies: 'Engines of Growth'?", *Journal of Econometrics*, Special Issue, 65, n. 1, pp. 83-108.
- Broersma, L., McGuckin, R.H. (2000), "The Impact of Computers on Productivity in the Trade Sector: Explorations with Dutch Microdata", *Research Memorandum GD-45*, Groningen Growth and Development Centre
- Brown, R., De Julius, A. (1994), "Is manufacturing still special in the world order?", in O'Brien, R., *Finance and the International Economy*, Oxford University Press, Oxford
- Brynjolfsson, E. (1993), *The productivity Paradox of Information Technology: Review and Assessment*, Communication of the ACM, December
- Brynjolfsson, E., Hitt, L. (1996), "Paradox lost? Firm-level evidence on the returns to information systems spending", *Management Science* 42, pp. 541-558.
- Brynjolfsson, E., Hitt, L. (2000), "Beyond Computation: Information Technology, Organizational Transformation and Business Performance," *Journal of Economic Perspectives* 14 (4), pp. 23-48.
- Brynjolfsson, E., Hitt, L. M. (2003) "Computing Productivity" Firm-Level Evidence" *Review of Economics and Statistics* 85(4), 793-808
- Brynjolfsson, E., Yang, S. (1996) "Information technology and productivity: A review of the literature", *Advanced in computers*, Academic Press, Vol.43, pp.179-214
- Bugamelli M., Pagano, P. (2001), "Barriers to Investment in ICT", *Banca di Italia*, Temi di discussione, n. 420.
- Campbell, G. (2002), "Why Manufacturing Matters", *Labor Discussion Paper Nr. 4*
- Capitalia (2002), *Indagine sulle imprese manifatturiere, Ottavo rapporto sulle industrie italiane e sulla politica industriale*, Ministero dell'Industria e Mediocredito Centrale, Roma
- Carlsson, B. (2004), "The digital Economy: what is new and wath is not?", *Structural Change and Economic Dynamics*, n. 15, pp. 245-264
- Chang, A. C. (1974), *Introduzione all'economia matematica*, Torino, Boringhieri
- Cobet, A.E, Wilson, G. A. (2002), "Comparing 50 years of labor productivity in U. S. and foreign manufacturing", *Monthly labor Review*, June 2002, pp. 51-65
- Colombo, L. (2001), "L'impatto della New Economy sulla crescita della produttività. Una discussione del ruolo delle ICT", *Banche e Banchieri*, n. 3, pp. 253-258
- Council of Economic Advisors (2001), "Economic Report of the President & Annual Report of the Council of Economic Advisors", *US Government Printing Office*

- Daveri, F. (2000), "Is growth an information technology story in Europe too?", *IGIER*, working paper n. 168
- Daveri, F. (2001), "Productivity growth prospects and the new economy in historical perspective", vol. 6, n. 1 *EIB Papers*
- Daveri, F. (2002), "The new economy in Europe (1991-2001)", wp n. 213 *IGIER*
- Daveri, F. (2003), "Information Technology and Productivity Growth across Countries and Sectors", in Jones, D., et al (2003), *New Economy Handbook*, Academic Press
- David, P.A. (1990), "The dynamo and the computer: an historical perspective on the productivity paradox", *American Economic Review*, 80 (2), pp. 355-361.
- David, P.A. Wright, G., (1999), "General Purpose Technologies and Surges in Productivity: Historical Reflections on the Future of the ICT Revolution", *International Symposium on Economic Challenges of the 21st century in Historical Perspective*, Oxford, England, 2nd-4th July, 1999
- Dedrick, J., Gurbaxani, V., Kraemer, K. L. (2003), "Information Technology and Economic Performance: A Critical Review of the Empirical Evidence", *Center for Research on Information Technology and Organizations (CRITO)*
- Del Monte, A. (2003), "ICT e gli squilibri regionali: il caso delle regioni europee", *L'Industria*, pp. 27-54
- Dewan, S, Kraemer, K. L. (1998), "Information Tecnology and productivity: evidence from country-level data", *Center for Research on Information Technology and organizations*, (CRITO)
- Dosi, G. (1982), "La circolarità tra progresso tecnico e crescita", *L'Industria*, n. 2, p. 233
- Dosi, G., Freeman, C., Nelson, RR, Silverberg, G., Soete, L. (1988), *Technical Change and Economic Theory*, Pinter Publishers, London and New York
- Engel, E. (1857), Die Produktions- und Consumptionsverhältnisse des Königreichs Sachsen, *Zeitschrift des Statistischen Bureaus des Koeniglich Saechsichen Ministerium des Inneren*, Nr. 8 und 9.
- European Information Technology Observatory, (EITO) (2000), *European Economic Interest Grouping*, Frankfurt
- Fagerberg, J. (2000), "Technological progress, structural change and productivity growth: a comparative study", *Structural Change and Economic Dynamics*, 11, pp. 393-411
- Freeman, C. (1985), "The role of Technical Change in economic Development" in *Technological Change, Industrial Restructuring and Regional Development*, London, Allen & Unwin
- Freeman, C. (1987), *Technology Policy and Economic Performance*, London, Frances Pinter

- Freeman, C. (2001), "A hard landing for the "New Economy"? Information technology and the United States national system of innovation", *Structural Change and Economic Dynamics*, 12, pp. 115-139
- Freeman, C., Soete, L. (1987), *Technical Change and Full Employment*, Basil Blackwell Ltd, Oxford
- Foellmi, R., Zweimüller, J. (2002), *Structural Change and the Kaldor Facts of Economic Growth*, CEPR
- Gambardella, A., Torrisci, S. (2001), "Nuova industria o nuova economi? L'impatto dell'informatica sulla produttività dei settori manifatturieri in Italia", *Moneta e Credito*, pp. 39-76
- Gera, S., Gu, Wulong, Lee, F. C. (1999), "Information Technology and Labour Productivity growth: An Empirical Analysis for Canada e United States", *The Canadian Journal of Economics*, Vol. 32, Issue 2, Special Issue on Service Sector Productivity and Productivity Paradox, pp. 384-407
- Gilchrist, S., Gurbaaxani, V., Town, R. (2001), "Productivity and the PC Revolution", *CRITO*
- Gordon, R. J., (1979), "The "End of Expansion" Phenomenon in Short-Run Productivity Behavior" *Brookings Papers on Economic Activity*, (2), pp. 447-461
- Gordon, R. J. (2000), "Does the New Economy Measure Up to the Great Inventions of the Past?", *Journal of Economic Perspective*, Vol. 14, n. 4, pp. 49-74
- Gordon (2001), "Has the "New Economy" Rendered the Productivity Slowdown Obsolete?", BLS quarterly productivity release)
- Gordon, R. J., (2002), "Technology and economic performance in the american economy", *NBER*, working paper N. 8771
- Gordon, R. J. (2004), "Why was Europe left at the station when America's productivity locomotive departed?", *World Institute for development Economics Research (WIDER)*, working paper n. 4416
- Greenan, N., Mairesse, J., Topiol-Bensaid, A. (2001), "Information Technology and Research and Development Impacts on Productivity and Skills: Looking for Correlations on French Firm Level Data", in Pohjola, M., *Information Technology, Productivity and Economic Growth*, Oxford University Press
- Griliches, Z. (1994), "Productivity, RD, and the Data Constraint", *American Economic Review*, Vol. 84, No. 1, pp. 1-23.
- Grossman, G.M., Helpman, E. (1991), *Innovation and Growth in the Global Economy*, Cambridge, MIT Press
- Gujarati, D. N. (2003), *Basic Econometrics*, New York, McGraw Hill
- Gurbaxani, V., Whang, S. (1991), "The Impact of Information Systems on Organizations and Markets," *Communications of the ACM*, 34,1, pp. 59-73

- Gust, C., Marquez, J. (2002), "International comparisons of Productivity growth: the role of information technology and regulatory practices", *Board of Governors of the Federal Reserve System, International Finance* wp N. 727, May 2002
- Heimler, A., Milana C. (1984), "Occupazione, produttività del lavoro e "legge di Verdoorn"", in *Prezzi relativi, ristrutturazione e produttività. Le trasformazioni dell'industria italiana*, Il Mulino, Bologna
- Helpman, E. (1998), *General Purpose Technologies and Economic Growth*, MIT press, United States
- Helpman, E., Trajtenberg, M. (1996), "Diffusion of General Purpose Technologies", *NBER* wp nr. 5773
- Hempell, T. (2002), *Does Experience Matter? Innovations and the Productivity of ICT in German Services*, Centre for European Economic Research (ZEW), Mannheim
- Hitt, L., Brynjolfsson, E. (1994), "Three Faces of IT Value: The Theory and Evidence," *The Proceedings of the Fifteenth International Conference on Information Systems*,
- Howitt, P. (1998), "Measurement, obsolescence, and general purpose technologies" in Helpman, E., *General Purpose Technologies and economic growth*, Cambridge, MIT Press
- Infante, D. (1990), "Produzione, fattori e progresso tecnico nell'industria manifatturiera italiana (1973-84)", *L'Industria*, n. 1, pp. 47-77
- Infante, D. (1992), *Produttività, progresso tecnico e squilibri regionali*, Bologna, CLUEB
- Infante, D. (1995), *Catching-up, Innovation and Diffusion Processes*, Denmark, Roskilde Universitetscenter
- Istat, (2001), VIII Censimento dell'industria e dei servizi
- Jalava, J. (2002), "Accounting for growth and productivity: Finnish Multi-factor productivity 1975-99", *Finnish Economic papers*, Vol. 15, N. 2, pp. 76-86
- Jalava, J., Pohjola, M. (2001), "Economic Growth in the New Economy, Evidence from Advanced Economies", Discussion Paper 2001/05, *United Nations University WIDER*, Helsinki
- Jorgenson, D. W. (2001), "Information technology and the U.S. economy." *American Economic Review*, 91(1), pp. 1-32
- Jorgenson, D. W., Gollop, F. M., Fraumeni, B. M. (1987), *Productivity and U. S. economic growth*, Cambridge, Harvard University Press
- Jorgenson, D. W., Stiroh, K. J. (1995), "Computers and growth." *Economics of Innovation and New Technology*, 3, pp. 295-316.
- Jorgenson, D. W., Stiroh, K. J. (1999), Information technology and growth, *The American Economic Review*, vol. 89, n. 2, pp. 109-115
- Jorgenson, D. W., Stiroh, K. J. (2000a), "Raising the Speed Limit: U.S. Economic Growth in the Information Age", *Brookings Papers on Economic Activity*, pp. 125-235

- Jorgenson, D. W., Stiroh, K. J. (2000b), "U.S. Economic Growth at the Industry Level", *American Economic Review*, American Economic Association, vol. 90(2), pp. 161-167
- Jovanovic, B., Rousseau, P. L. (2003), *General Purpose Technologies*, NYU and the University of Chicago, and Vanderbilt University, mimeo
- Kaldor, N. (1966), *Causes of the Slow Economic Growth of the United Kingdom*, Cambridge, Cambridge University Press
- Kennedy, C., Thirlwall, A. P. (1972), "Technical Progress: a Survey", *The Economic Journal*, 82, pp. 1-72
- Kiley, M. T. (1999), *Computers and Growth with Costs of Adjustment: Will the Future Look Like the Past?*, Federal Reserve Board Washington, DC 20551
- Kramer, K., Dedrick, J. (2001), "The productivity paradox: Is it resolved? Is There a new One? What Does it All Mean for Managers?", *CRITO*
- Kudyba, S., Diwan, R. (2002), *Information Technology, Corporate Productivity, and the new economy*, Quorum Books, Westport, Connecticut, London
- Kuhn, T. (1962), *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago, University of Chicago Press
- Lal, K. 2001. "The Determinants of the Adoption of Information Technology: A Case Study of the Indian Garments Industry." In Pohjola M. *Information Technology, Productivity, and Economic Growth: International Evidence and Implications for Economic Development*. Oxford: Oxford University Press, pp. 149-174
- Lal, K., (2002) E-business and manufacturing sector: a study of small and mediumsized enterprises in India, *Research Policy*, 31, pp. 1199-1211
- Landauer, T. K. (1995), *The Trouble with Computers*, The MIT Press, Cambridge, MA
- Landefeld, J. S., Fraumeni, B. M. (2001), *Measuring the New Economy*, Survey of Current Business, March
- Lau, L., Tokutso, I. (1992), "The impact of Computer Technology on the Aggregate Productivity of the United States: An indirect Approach", *Departement of Economics*, Stanford University
- Lichtenberg, F. R. (1993), "The output contributions of computer equipment and personnel; a firm level analysis", *NBER working paper nr. 4540*
- Link, N. A. (1987), *Technological change and productivity growth*, Harwood Academic; tr. It. *Cambiamento tecnologico e crescita della produttività*, Milano, Giuffrè editore
- Loveman, G. W. (1994). "An assessment of the productivity impact of information technologies." in Allen, T. J., Scott Morton, M. S. (Ed.) *Information Technology and the Corporation of the 1990s: Research Studies*, Oxford University Press, pp. 84-110.
- Macroeconomic Advisers, LLC. (1999) "Productivity and Potential GDP in the 'New' US Economy," A Special Analysis, September

- Maggioni M. A., Merzoni G. (2002), "L'economia politica e la nuova economia. Fondamenti analitici e paradigmi interpretativi", in Prosperetti L. (a cura di), *La new economy: aspetti analitici e implicazioni di policy*, Bologna: Il Mulino, pp. 15-62.
- Mairesse, J. G. C., Kocoglu, Y. (2000), "Les technologies de l'information et de la communication en France: diffusion et contribution à la croissance", *Economie et Statistique*, pp. 339-340
- Malone, T., Rockart, J. (1991), "Computers, Networks and the Corporation," *Scientific American*, Vol. 265 (3), 128-136
- Marelli, E. (1989), "Crescita, produttività e cambiamento strutturale nelle regioni italiane", *Rivista di politica economica*, 79
- Mariotti, S. (1997), "Il paradigma economico emergente" in Ciocca, P., *Disoccupazione di fine secolo. Studi e proposte per l'Europa*, Torino, Bollati Boringhieri
- Matsuyama, K. (2002), "The Rise of Mass Consumption Societies", *Journal of Political Economy*
- McCombie, J. S. L., de Ridder, J. R. (1984), "The Verdoorn Law Controversy": Some New Empirical Evidence Using U. S. Stata Data", *Oxford Economics Paper*, Vol 36, N.2, pp. 268-284
- Mediocredito Centrale (1999), *Indagine sulle imprese manifatturiere, Settimo rapporto sulle industrie italiane e sulla politica industriale*, Ministero dell'Industria e Mediocredito Centrale, Roma
- Mediocredito Centrale (2001), *Indagine sulle imprese manifatturiere, Ottavo rapporto sulle industrie italiane e sulla politica industriale*, Ministero dell'Industria e Mediocredito Centrale, Roma
- Melville, N. (2001). "Impact of IT investment: an industry analysis" working paper, *Center for Research on Information Technology and Organizations*
- Milana, C., Zeli, A. (2004), "L'impatto delle ICT sull'efficienza tecnica delle imprese in Italia", *L'Industria*, n. 2, pp. 317-361
- Nadiri, M. I. (1970), "Some Approaches to the Theory and Measurement of Total Factor Productivity: a Survey", *Journal of Economic Literature*, Vol. 8, nr. 4, pp. 1137-1177
- Nanclares, N. H., López, F. L. (2003), *The so called new economy and the ict: concept and measurement*, Public University of Navarra, mimeo.
- Niininen, P. (1998), "Computers and Economic Growth in Finland, *World Institute for development Economics Research (WIDER)* working papers n. 148
- Nomisma (1987), *La produttività dell'economia italiana*, Rapporto al Consiglio nazionale delle ricerche, Milano, Edizioni del Sole 24 Ore
- Nordhaus, W. D. (2001), "Productivity growth and the New Economy", *NBER* working paper nr. 8096
- OECD, (2000), *A New Economy?*, Paris, OECD

- OECD, (2001a), *OECD Productivity manual: a guide to the measurement of industry-level and aggregate productivity growth*, Paris, OECD
- OECD, (2001b), *The New Economy: Beyond the Hype*, Paris, OECD
- OECD, (2002), *Measuring the Information Economy*, Paris, OECD
- OECD, (2003a), *DSTI (STAN Industrial database) 2003*, Paris, OECD
- OECD, (2003b), *Research and Development Expenditure in Industry Database, 1987-2001*, Paris, OECD
- OECD, (2004a), *The Economic Impact of ICT*, Paris, OECD
- OECD, (2004b), *Economic Outlook No 74: Annual and QUARTERLY data*, Paris, OECD
- Oliner, S. D., Sichel, D. E. (1994), "Computers and Output Growth Revisited: How Big is the Puzzle?", *Brookings Papers on Economic Activity*, Issue 2, pp. 273-317
- Oliner, S. D., Sichel, D. E. (2000), "The Resurgence of Growth in the Late 1990s: Is Information Technology the Story?", *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 14, n. 4, pp. 3-22
- O'Mahony, N., Ark, V. B. (2003) CD-ROM: <http://www.ggdc.net/dseries/60-industry.shtml>
- Paganetto, L., Becchetti, L., Bedoya, D. A. L. (2001), *Investimenti in information technology, produttività ed efficienza*, in Paganetto, L., Pietrobelli, C., *Scienza, tecnologia e innovazione: quali politiche?*, Il Mulino, Bologna
- Paganetto, L., Pietrobelli, C. (2001), *Scienza, tecnologia e innovazione: quali politiche?*, Il Mulino, Bologna
- Parisi M.L., Schiantarelli F., Sembenelli A. (2002), "Productivity, innovation Creation and Absorption, and R&S: Micro Evidence for Italy", Boston College, working paper in Economics, N. 526
- Parson, D. J. Calvin, C. G., Michael, D., (1993), "Productivity and computers in Canadian Banking", *Journal of Productivity Analysis* 4, pp. 91-110
- Pasinetti, L. (1981), *Structural Change and Economic Growth*, CUP, Cambridge MA, London
- Pasinetti, L. (1993), *Dinamica economica strutturale*, Il Mulino, Bologna
- Pilat, D. (1996), "Labour Productivity Levels In Oecd Countries: Estimates For Manufacturing And Selected Service Sectors", *OECD*, working paper 169
- Pilat, D. and Lee, F. (2001), "Productivity Growth in ICT-Producing and ICT-Using Industries: a Source of Growth Differentials in the OECD?", *OECD STI Working Paper*, forthcoming
- Pilat, D., Wöfl, A. (2004), *ICT production and ICT use: what role in aggregate productivity growth?*, in *The economic impact of ICT. Measurement, evidence and implications*, OECD, Paris

- Pilat, D., Wyckoff, A. (2003), "The impacts of ICT on Economic Performance – An International Comparison at three Levels of Analysis", *Organisation for Economic Co-operation and Development*, Paris
- Pohjola, M. (2002), "New Economy in Growth and Development, *World Institute for Development Economics Research (WIDER)*, Discussion Paper n. 2002/67
- Porter, M. E. (1989), *Il vantaggio competitivo delle nazioni*, Arnoldo Mondadori Editore
- Poti, B., Basile, R. (2000), *Difference in innovation performance between advanced and backward regions Italy. The role of firm's strategies, organizational, factors and institutions*, working paper, Convergence Project
- Quah, D. (2003), "Digital Goods and the new Economy", *Centre for Economic Policy Research (CEPR)*, wp n. 3846
- Roach, S. S. (1991), "Services Under Siege - The Restructuring Imperative" *Harvard Business Review*, September-October, pp. 82-92
- Roeger, W., 2001, "The Contribution of Information and Communication Technologies to Growth in Europe and the United States: A Macroeconomic Analysis," *Economic Papers*, No. 147, European Commission
- Rossi, S. (a cura di) (2003), "La Nuova Economia. I fatti dietro il mito", Il Mulino, Bologna
- Rowthorn, R. (1995), *The role of manufacturing in the national economy*, Working Paper 13, University of Cambridge
- Rowthorn, R. (1979) "A Note on Verdoorn's Law", *The Economic Journal*, Vol. 89, pp. 131-133.
- Rowthorn, R., Ramaswamy R. (2000), "Does manufacturing matter?", *Harvard Business Review* November-December 2000, pp. 77-90
- Rullani, E. (2001), "New/Net/Knowledge Economy: Le molte facce del postfordismo", *Economia e politica industriale*, n. 110, pp. 5-31
- Saito, Y. (2001), "The contribution of Information Technology to Productivity Growth – International Comparison" -, *International Department Bank of Japan, Working Papers Series 01-E-6*
- Salter, W. E. G. (1960), *Produttività e cambiamenti della Tecnica*, Unione Tipografico-editrice Torinese, Torino
- Schreyer, P., (2000), "The Contribution of Information and Communication Technology to Output Growth: A Study of the G7 Countries," *STI Working Paper 2*, OECD
- Schreyer, P., Colecchia, A. (2001), "ICT investment and economic growth in the 1990s: is the United States a unique case? A comparative study of nine OECD countries", *STI working paper 2001/7*
- Schumpeter, J. (1950), *Capitalism, Socialism and Democracy*, New York, Harper and Row

- Shapiro, C., Varian, H. R. (1999), *Information Rules. A Strategic Guide to the Network Economy*, Harvard Business School Press, Boston, Massachusetts. Tr. It. *Information Rules. Le regole dell'economia dell'informazione*, Etas, Milano
- Sheehan, P. (2000), "Manufacturing and Growth in the Longer Term: An Economic Perspective", CSES working paper Nr 17
- Sichel, D. (1997), *The computer revolution: An Economic Perspective*, Washington DC: Brooking Institution Press
- Siegel, D. (1997), "The impact of computers on manufacturing productivity growth: a multiple indicators, multiple causes approach", *The Review of Economics and Statistics*, vol. 79, issue 1
- Smau (2001), Osservatorio Smau sull'ICT 2001, F. Angeli, Milano
- Smith, I. G. (1973), *The measurement of productivity*, Redwood Press Limited, Trowbridge, Wiltshire
- Solow, R. M. (1957), "Technical Change and the Aggregate Production Function", *Review of Economics and Statistics*, 39 (3), 1957, pp. 312-320.
- Solow, R. M. (1987), "We'd better watch out", *New York Times*, July 12
- Solow, R. M. (1994), *Lezioni sulla teoria della crescita endogena*, Roma, La Nuova Italia Scientifica
- Spiezia, V., Vivarelli, M. (2000), "The Analysis of Technological Change and Employment", in Vivarelli, M., Pianta, M. (a cura di), *The Employment Impact of Innovation: Evidence and Policy*, Routledge, Londra, capitolo 2, pp. 12-25.
- Steindel, C. (1992). "Manufacturing Productivity and High-Tech Investment." *FRBNY Quarterly Review*, Summer, pp. 39-47
- Stiroh, K.J., (2000), *Investment and Productivity Growth - A Survey from the Neoclassical and New Growth Perspectives*, Canada, working paper n. 24
- Stiroh, K. J. (2001), "Information Technology and the US Productivity Revival: What Do the Industry Data Say ?", *Federal Reserve Board of New York Working Paper*
- Strassmann, P.A. (1990), *The Business Value of Computers*. Information Economics Press, New Canaan, Conn
- Sudit, E. F., Finger, N. (1981), "Methodological Issues in Aggregate Productivity Analysis." in *Aggregate and Industry Level Productivity Analysis*, Dogramaci. Boston Martinus Nijhoff Publishing
- Sylos Labini, P. (1967), "Prezzi relativi e programmi di sviluppo", *Giornale degli Economisti*
- Sylos Labini, P. (1984), *Le forze dello sviluppo e del declino*, Bari, Laterza
- Sylos Labini, P. (1989), *Nuove tecnologie e disoccupazione*, Bari, Laterza
- Toner, P. (2000), "Manufacturing Industry in the Australian Economy: Its Role and Significance", *Journal of Australian Political Economy*, No.45

- Trento, S., e Warglien, M. (2001), "Nuove tecnologie e cambiamenti organizzativi: alcune implicazioni per le imprese manifatturiere", *Banca d'Italia*, Temi di discussione Nr. 428
- Triplett, E. J. (1999), "The Solow productivity paradox: what do computers do to productivity?", *Canadian Journal of Economics*, Vol. 32, n. 2, pp. 309-334
- Triplett, J., Bosworth, B. (2000), *Productivity in the Services Sector*, Brookings Institutions, mimeo
- Uchitelle, L. (2000), "Economic View: Productivity finally shows the impact of computers", the *New York Times*, March 12, section 3, p. 4
- Vaglio, A. (1990), "Fatti stilizzati" ed interpretazione teorica: il caso della legge di Verdoorn, *L'Industria*, XI, 1, pp. 143-172
- Varian, H. R. (1987), *Microeconomic Analysis*, University of California, Berkeley
- Varian, H. R. (2003), *Economics of Information Technology*, University of California, Berkeley
- Vivarelli, M. (1995), *The Economics of Technology and Employment, Theory and Empirical Evidence*, Elgar, Cheltenham
- Vijselaar, F., e Albers, R. (2002), "New technologies and Productivity growth in the Euro Area", working paper series, *European Central Bank*
- Verdoorn, P. J. (1949), "Fattori che regolano lo sviluppo della produttività del lavoro", *L'Industria*, 1, pp. 45-53
- Whelan, K. (2002), "Computers, Obsolescence, and Productivity", *Review of Economics and Statistics*, 84(3), pp. 445-461.
- Wooldridge, J.M. (2003), *Introductory Econometrics. A Modern Approach*, Thomson, South- Western