

GRAZIELLA PENT FORNENGO

**IL CONTRIBUTO DEL PROGRESSO TECNICO
ALLO SVILUPPO DELL'INDUSTRIA ITALIANA**

SOMMARIO: 1. Premessa. — 2. Le stime del fattore residuo. — 3. Le componenti del residuo. — 4. Il progresso tecnico nelle industrie manifatturiere. — 5. Il progresso tecnico indotto dallo sviluppo della produzione. — 6. Cenni all'analisi delle variazioni strutturali. — 7. Limiti dell'approccio macroeconomico.

1. La stima del contributo del progresso tecnico allo sviluppo dell'economia, ed in particolare del settore industriale che più è interessato da questo fenomeno, è da oltre un decennio uno dei temi più frequentemente affrontati dagli econometrici, sulla scia della crescente attenzione che al progresso tecnico veniva dedicata dai teorici dello sviluppo. Anche le analisi elaborate con riferimento alla economia italiana mostrano una evoluzione parallela a quella degli analoghi studi svolti in altri paesi: dai modelli che si proponevano semplicemente una stima del fattore residuo, cioè dell'aumento del prodotto non spiegato da semplici aumenti delle quantità di fattori impiegati a quelli che si sono proposti di scomporre tale « fattore residuo » nelle sue diverse componenti causali, fra cui il progresso tecnico in senso stretto.

All'affinamento metodologico dei criteri di stima si è accompagnato anche uno sforzo di disaggregazione dell'analisi, specie nei modelli elaborati più di recente, grazie sia alla maggiore disponibilità dei dati statistici necessari per la stima, sia alla crescente percezione della diversa importanza che il progresso tecnico assume nei diversi settori industriali.

Esistono così oggi numerosi studi volti a stimare il contributo del progresso tecnico allo sviluppo dell'industria italiana negli ultimi venti anni, che dovrebbero poter fornire sia delle indicazioni di carattere predittivo sulle prospettive del progresso tecnico nell'industria italiana, sia degli orientamenti per una politica industriale, la cui esigenza è viepiù sentita a livello

nazionale ⁽¹⁾ e a quello comunitario ⁽²⁾. Ad entrambi i livelli si è infatti riconosciuto che il progresso tecnico rappresenta sempre più una delle variabili strategiche dello sviluppo economico, manovrabile dalle scelte pubbliche attraverso:

— una politica dell'innovazione mirante ad assicurare una costante acquisizione di nuove conoscenze scientifiche e tecniche e quindi una autonoma capacità di progresso organizzativo e tecnologico;

— una politica di ristrutturazione e diversificazione industriale tendente ad aumentare la produttività del settore industriale attraverso una modificazione delle proporzioni in cui sono presenti nella struttura industriale processi nuovi, ad alto sviluppo e maturi.

Le analisi econometriche sul ruolo del progresso tecnico nella economia italiana non offrono peraltro nè delle stime soddisfacenti, nè delle indicazioni atte ad orientare la politica industriale. I modelli adottati, che si fondano per lo più sull'assunto della esistenza di funzioni aggregate di produzione, a livello della intera economia o di singoli settori industriali, hanno infatti una modesta capacità interpretativa. Se le ipotesi drasticamente semplificatrici su cui essi si fondano possono essere accettate nell'analisi teorica, per ragioni di convenienza metodologica, nelle analisi econometriche forniscono una interpretazione distorta delle caratteristiche del sistema economico e quindi del ruolo in esso attribuibile al progresso tecnico.

Anche quando viene abbandonato l'uso di uno strumento di analisi discutibile come la funzione di produzione aggregata, si mantiene un approccio macro-economico, trasponendo a livello aggregato, senza alcuna qualificazione, concetti elaborati con riferimento alla singola impresa. Il progresso tecnico viene

⁽¹⁾ Si veda in proposito il paragrafo « Efficienza dell'industria » al capitolo V del *Progetto '80*.

⁽²⁾ *Commission des Communautés européennes. La politique industrielle de la Communauté*, Bruxelles 1970, ch. III.

stimato indirettamente, attraverso i suoi effetti sullo sviluppo industriale; sorge così l'esigenza di isolare il contributo degli altri fattori di sviluppo, che dal progresso tecnico sono spesso difficilmente scindibili. Il ruolo del progresso tecnico risulta quindi tanto più ridotto quanto più il modello utilizzato è in grado di esplicitare il ruolo degli altri fattori di sviluppo, senza che peraltro si possa pervenire a una definizione esaustiva.

Le assunzioni sulla natura e le caratteristiche del progresso tecnico sottostanti i modelli utilizzati limitano inoltre la gamma dei fenomeni che è possibile trattare, trascurando proprio quelli più rilevanti ai fini della politica industriale. Esaminando i più significativi contributi alla stima del progresso tecnico nella economia italiana emergono quindi profondi motivi di insoddisfazione, che inducono a ritenere più proficui, a questi fini, indirizzi di studio diversi da quelli finora seguiti.

2. Il primo tentativo organico di valutare quantitativamente il contributo del progresso tecnico allo sviluppo dell'economia italiana è, a quanto ci risulta, quello del Graziani ⁽³⁾.

Riferendosi al periodo 1951-1961 il Graziani ha calcolato per l'Italia in complesso e per rami di attività economica (oltre che per circoscrizioni territoriali) l'incremento di produttività totale, scindendo il saggio di incremento del prodotto nella quota imputabile all'aumento fisico dei fattori della produzione (capitale e lavoro) e nella quota attribuita al « fattore residuo », con un metodo analogo a quello suggerito da Abramovitz ⁽⁴⁾, utilizzando il concetto di indice globale di produttività.

L'indice di produttività globale risulta dal rapporto fra il prodotto effettivo e quello teoricamente ottenibile mediante il semplice incremento fisico nella quantità dei fattori, nell'ipotesi

⁽³⁾ A. GRAZIANI, *Sviluppo del Mezzogiorno e produttività delle risorse*, Napoli 1964.

⁽⁴⁾ M. ABRAMOVITZ, *Resources and output trends in the United States since 1870*, in *AER Paper and Proceedings*, 1956. V. anche J.W. KENDRICK, *Productivity trends in the United States*, Princeton 1961.

che la struttura produttiva sia rappresentabile mediante una funzione di Cobb-Douglas ⁽⁵⁾.

Secondo i calcoli del Graziani, nel periodo 1951-1961 la produttività totale dell'industria è aumentata al tasso medio annuo del 5,2 % ⁽⁶⁾. Dato che nello stesso periodo il valore aggiunto industriale è aumentato al tasso medio dell'8,2 %, la produttività ha contribuito per il 65,2 % all'aumento del prodotto industriale, mentre il contributo proveniente dall'aumento della quantità fisica di lavoro raggiunge il 20,5 % e quello dovuto all'aumento della quantità di capitale il 14,2 %. Per la sola industria manifatturiera si registra nel periodo 1951-1961 un tasso di incremento annuo medio della produttività pari al 5,1 %, che spiega il 69,3 % dell'incremento del prodotto totale; il contributo dell'aumento di lavoro è pari al 19,5 % e quello dell'aumento di capitale è dell'11,2 % ⁽⁷⁾.

A risultati analoghi giungono gli studi del De Meo ⁽⁸⁾, che adottano un metodo di valutazione della produttività del tutto equivalente a quello del Graziani, pur riferendosi ad un periodo più ampio (1951-1966) e avvantaggiandosi della disponibilità di alcuni dati originali e di apposite elaborazioni dell'ISTAT.

Il progresso tecnico è stimato attraverso gli spostamenti che subisce nel tempo una funzione di produzione di tipo Cobb-Douglas, secondo il metodo indicato dal noto lavoro di Solow ⁽⁹⁾

⁽⁵⁾ A. GRAZIANI, *op. cit.*, p. 30.

⁽⁶⁾ I dati citati sono quelli ottenuti stimando lo stock di capitale in base agli ammortamenti. Stimandolo in base agli investimenti si ottengono risultati analoghi.

⁽⁷⁾ I successivi sviluppi dell'analisi del Graziani, intesi a discutere le diverse cause dell'aumento di produttività, saranno richiamati in seguito.

⁽⁸⁾ G. DE MEO, *Produttività e distribuzione del reddito in Italia nel periodo 1951-1963*, Roma 1965, e G. DE MEO, *Redditi e produttività in Italia (1951-1966)*, Roma 1967. Il secondo studio non differisce dal primo per quanto concerne la metodologia utilizzata nella stima del progresso tecnico, ma, oltre che per il maggior numero di anni considerato, per l'impiego di dati della contabilità nazionale dell'Italia revisionati per il periodo 1961-65.

⁽⁹⁾ R.M. SOLOW, *Technical change and the aggregate production function*, in *Review of Economics and Statistics*, 1957.

che si propone di misurare il progresso tecnico neutrale nel senso di Hicks sulla base di una funzione di produzione aggregata:

$$Y = A(t) K^{1-\alpha} L^{\alpha}$$

I calcoli effettuati secondo questo metodo dal De Meo, che si riferiscono al periodo 1951-1966, attribuiscono alla produttività globale del settore industriale un tasso di incremento medio annuo del 4,49 %.

L'applicazione del metodo Solow consente di scindere l'incremento di prodotto per unità di lavoro nelle due quote imputabili al progresso tecnico ed alle variazioni di intensità di capitale per addetto. Nel settore industriale il progresso tecnico determina l'88,5 % dell'incremento della produttività del lavoro, mentre il restante 11,5 % è attribuibile all'aumento dell'intensità di capitale. Esprimendo i risultati della ricerca con riferimento all'aumento totale del prodotto industriale, si può affermare che il contributo della variazione di produttività è pari al 61 %, quelli dell'aumento del lavoro e del capitale sono invece del 19 % e 20 %.

Utilizzando il metodo di stima e i dati forniti dal De Meo, il Depollo⁽¹⁰⁾ ha recentemente valutato il contributo dell'incremento della produttività dei fattori anche nell'industria manifatturiera. Nel periodo 1951-1966 il tasso di incremento della produttività globale in questo settore sarebbe pari al 5,13 % medio annuo e contribuirebbe a spiegare il 67 % dell'aumento di prodotto, mentre il restante 33 % sarebbe spiegato dall'incremento nelle quantità dei fattori impiegate (precisamente per il 15 % dal lavoro e per il 18 % dal capitale).

Comune agli studi citati, come del resto a tutti quelli che utilizzano il primo metodo di stima del progresso tecnico pro-

⁽¹⁰⁾ A. DEPOLLO, *Una valutazione dei contributi della variazione delle risorse e dell'aumento della produttività all'incremento di prodotto italiano dal 1951 al 1966*, in *Rivista di Politica economica*, febbraio 1970.

posto da Solow, è la conclusione che la maggior parte dell'incremento del prodotto industriale non è spiegata dall'incremento delle quantità di fattori utilizzate, ma dal fattore residuo, che riassume gli effetti di qualsiasi spostamento della funzione di produzione nel tempo e rappresenta quindi una misura del progresso tecnico in senso molto lato. La conclusione risulta peraltro implicita nello stesso metodo adottato, che incorpora nel fattore di *trend* tutte le deviazioni non spiegate dalle variazioni di quantità omogenee di fattori, inglobando nel fattore residuo un insieme di cause di aumento della produttività che solo in parte sono collegate a vere e proprie innovazioni nei processi di produzione. Di qui la necessità di indagini più approfondite per scomporre il tasso di progresso tecnico così stimato nelle diverse sue componenti, attribuibili a diversi fattori causali.

3. Fra i fattori di aumento della produttività che dovrebbero essere considerati ai fini di una migliore conoscenza del ruolo del progresso tecnico nello sviluppo industriale italiano si possono annoverare: i miglioramenti qualitativi dei fattori, i movimenti settoriali e territoriali delle risorse, i rendimenti crescenti, il grado di utilizzazione della capacità produttiva e infine l'innovazione in senso stretto.

L'influenza delle variazioni qualitative dei fattori capitale e lavoro sull'aumento della produttività industriale è analizzata da Arcelli ⁽¹¹⁾ in due saggi, uno di carattere prevalentemente teorico e l'altro a maggiore contenuto empirico. Quest'ultimo ha lo scopo di fornire una misurazione delle variazioni qualitative del capitale, cioè del cosiddetto progresso tecnico incorporato, relativamente all'industria italiana nel periodo 1951-1963 attraverso un modello del tipo ad annate.

⁽¹¹⁾ M. ARCELLI, *Variazioni qualitative dei fattori e progresso tecnico*, Milano 1969. Il primo contributo all'analisi empirica del progresso tecnico in base ai modelli ad annate è di R.M. SOLOW, *Investment and technical progress*, in *Mathematical methods of the social sciences*, ed. by K. J. ARROW, S. KARLIN, P. SUPPLES, Stanford 1960.

Per la misurazione del saggio di progresso tecnico incorporato, viene utilizzato un modello del tipo:

$$Y = A(t) L^\alpha J_i^\beta$$

stimato in due diverse ipotesi:

— assumendo che la somma delle elasticità del prodotto rispetto ai fattori sia uguale all'unità, cioè che i rendimenti siano costanti;

— non imponendo questo vincolo e permettendo così ai valori stimati di α e β di misurare la presenza di economie o diseconomie di scala.

Per la valutazione simultanea del tasso di progresso tecnico incorporato e non incorporato si utilizza un modello del tipo:

$$Y = A(1 + p_a)^t L^\alpha J_i^\beta$$

anch'esso stimato nelle due ipotesi di rendimenti costanti o variabili. Le funzioni aggregate di produzione utilizzate non presentano dal punto di vista formale delle differenze rispetto a quelle ottenibili nell'ipotesi di beni capitali omogenei: la differenza consiste infatti nel significato di $J(t)$, quantità effettiva di capitale, o capitale equivalente.

Mentre nell'ipotesi di beni capitali omogenei la quantità $K(t)$ non rappresenta altro che una semplice somma di beni capitali esistenti, la quantità $J(t)$ si ottiene applicando la legge del deperimento fisico a una somma ponderata dei beni capitali prodotti nelle diverse annate, in cui i pesi sono rappresentati dal fattore di miglioramento $(1 + i)$, la cui importanza decresce quanto più lontana dal tempo t è l'annata di costruzione dei beni capitali ⁽¹²⁾.

⁽¹²⁾ Le differenze fra le due concezioni di beni capitali scompaiono in regime di concorrenza perfetta, se il sistema cresce secondo un'età dell'oro, per cui le aspettative degli imprenditori sono tali da uguagliare il prezzo di mercato dei beni capitali in uso alla ridotta produttività marginale che essi registrano per effetto del progresso tecnico. In questo caso infatti sia $K(t)$ che $J(t)$ espri-

Il saggio di progresso tecnico incorporato i viene stimato attraverso la costruzione di serie alternative di stock di capitale equivalente, al fine di pervenire indirettamente alla valutazione di i , attraverso la selezione della regressione più soddisfacente, che comporta la contemporanea scelta di una serie di stock equivalente cui corrisponde un certo i .

Dall'analisi delle regressioni stimate senza imporre vincoli alla somma delle elasticità del prodotto rispetto ai fattori emerge nettamente la rilevanza delle economie di scala.

La somma di α e β , rispettivamente elasticità del prodotto rispetto al lavoro e al capitale, assume infatti costantemente valori superiori, e spesso molto superiori all'unità. È però interessante notare che al crescere di i , cioè del saggio di progresso tecnico che si suppone incorporato nei beni capitali, i valori dei parametri α e β possono essere ordinati in progressione decrescente.

La parte predominante delle economie di scala non potrebbe cioè considerarsi autonoma rispetto al progresso incorporato nei nuovi beni capitali, ma l'aumento della scala della produzione sarebbe il veicolo del progresso tecnico incorporato nei nuovi beni capitali. Resterebbe peraltro una seconda componente delle economie di scala, che l'analisi tradizionale delle funzioni di produzione include nel residuo ⁽¹³⁾.

Più significative appaiono le regressioni basate sull'ipotesi $\alpha + \beta$ sia uguale all'unità ⁽¹⁴⁾. Adottando l'ipotesi che il progresso tecnico sia di natura esclusivamente incorporata, i tests statistici utilizzati risultano massimi per la stima corrispondente a un tasso del 13%. Questa stima implica peraltro una soprav-

mono lo stock netto di capitale esistente, calcolato mediante una legge di ammortamento che tiene conto non solo del deperimento fisico ma anche dell'obsolescenza tecnica, cioè della ridotta produttività marginale per effetto del progresso tecnico.

⁽¹³⁾ M. ARCELLI, *op. cit.*, pp. 77-78.

⁽¹⁴⁾ Sotto il profilo statistico in tal caso infatti si elimina la collinearità tra capitale equivalente e lavoro.

valutazione della componente incorporata a scapito di quella autonoma, che non figura nelle valutazioni.

Più soddisfacente appare quindi la stima simultanea delle due componenti del progresso tecnico, che offre i migliori risultati statistici in corrispondenza di un tasso di progresso tecnico incorporato del 4 % e di progresso tecnico autonomo anche del 4 %.

La funzione di produzione corrispondente è:

$$Y = 0,98867 1,04^t L^{0,54} J_4^{0,46}$$

L'incremento della produttività globale generato dalla componente incorporata del progresso tecnico risulta pari all'1,85 % annuo. La somma degli incrementi di produttività generati dalla componente autonoma e incorporata diviene pertanto pari a circa il 5,85 %.

Assumendo che tutto il progresso tecnico sia di natura autonoma, il risultato sarebbe analogo: 5,88 % annuo. La componente incorporata spiega quindi circa 1/3 del residuo.

Anche l'indagine di Arcelli, come tutte le analisi econometriche del progresso tecnico elaborate nel quadro dei vintage models, consegue il risultato di ridimensionare l'effetto del progresso tecnico non incorporato nei beni capitali ⁽¹⁵⁾.

Nei vintage models infatti si attribuisce all'investimento un'importanza di molto superiore a quella che gli derivava dalle stime fondate su modelli con beni capitali omogenei: l'investimento contribuisce all'incremento di produttività non solo attraverso un aumento dell'intensità di capitale per addetto, ma anche attraverso un miglioramento qualitativo del capitale per effetto del progresso tecnico in esso incorporato.

Una volta determinato il contributo del progresso tecnico

⁽¹⁵⁾ A questo proposito si possono confrontare i risultati ottenuti da R.M. Solow in *Technical change and the aggregate production function*, cit., e in *Investment and technical progress*, cit.

incorporato all'aumento del prodotto, restano peraltro da analizzare tutte le altre componenti del residuo.

Il miglioramento qualitativo del fattore lavoro può essere valutato in modo del tutto analogo alle variazioni qualitative del fattore capitale. Si tratta infatti di sostituire nella funzione aggregata di produzione alla variabile $L(t)$ una quantità $M(t)$ che tiene conto delle variazioni qualitative della forza lavoro ⁽¹⁶⁾.

$$Y(t) = A(t) J_i(t)^\alpha M_\gamma(t)^\beta$$

ove γ può rappresentare un indice di miglioramento o della qualità media del lavoro o dell'efficienza produttiva dei nuovi lavoratori.

Tentativi di stima di questo tipo sono stati svolti negli Stati Uniti ⁽¹⁷⁾ ma non, a quanto ci risulta, in Italia.

È stata invece riconosciuta l'opportunità di distinguere un progresso tecnico intrasettoriale, attribuibile a vere e proprie innovazioni nell'ambito dei settori, dalla componente intersettoriale delle variazioni di produttività, attribuibile agli spostamenti dei fattori produttivi capitale e lavoro dai settori a produttività meno elevata a quelli a produttività più elevata.

Un metodo per valutare l'influsso dei movimenti settoriali dei fattori sull'aumento della produttività globale è stato suggerito dal Massel ⁽¹⁸⁾ ed applicato tanto dal Graziani che dal De Meo. I risultati delle loro indagini non sono però illuminanti per quanto riguarda le cause dell'aumento di produttività del settore industriale, dato che si riferiscono ai rapporti tra rami di attività economica (agricoltura, industria, trasporti e fabbri-

⁽¹⁶⁾ M.D. INTRILIGATOR, *Embodied technical change and productivity in the United States 1929-1958*, in *Review of Economics and Statistics*, 1965, p. 65.

⁽¹⁷⁾ M.D. INTRILIGATOR, *op. cit.*; E.F. DENISON, *The sources of the economic growth in the United States and the alternatives before us*, New York 1962 e *Why growth rates differ*, New York 1966.

⁽¹⁸⁾ B.F. MASSELL, *A disaggregated view of the technological change*, in *Journal of Political Economy*, 1962, p. 547.

cati nell'analisi del Graziani e agricoltura, industria e servizi nell'indagine del De Meo) e non ai rapporti fra i vari settori dell'industria.

La logica dell'approccio che perviene ad isolare le componenti dell'aumento globale di produttività nell'ambito del residuo, determinato assumendo che tutti gli incrementi di prodotto non spiegati dall'incremento nelle quantità fisiche dei fattori produttivi utilizzati siano da attribuire al progresso tecnico, non appare molto soddisfacente.

Il metodo di scomposizione adottato per isolare il contributo dei diversi fattori all'aumento di produttività non è infatti in grado di cogliere le complesse interrelazioni tra i vari fattori che concorrono a determinare lo sviluppo economico. Come si è visto, esistono notevoli difficoltà concettuali nel separare l'influenza di fenomeni quali il progresso tecnico incorporato e le economie di scala; essi sono in parte indistinguibili, data la indivisibilità dei beni capitali, per cui talune innovazioni nei processi produttivi possono essere introdotte solo con l'aumento della scala di produzione. Analoghi problemi pone il tentativo di valutare il ruolo attribuibile alle variazioni qualitative della forza lavoro. Il miglioramento qualitativo del fattore lavoro dipende infatti da precedenti investimenti nell'educazione, e quindi da un aumento del capitale impiegato dal sistema economico in complesso. Il metodo di scomposizione adottato finisce con l'attribuire al fattore lavoro degli aumenti di produttività che sono invece dipendenti dall'impiego di una maggiore quantità di capitale.

Le stime dell'effetto separato di ciascun fattore, e quindi anche del progresso tecnico, non offrono quindi una valutazione corretta della sensitività del tasso di sviluppo alle variazioni di uno qualsiasi dei fattori esaminati.

Alle difficoltà concettuali inerenti la logica del metodo di scomposizione del fattore residuo, si accompagnano le difficoltà connesse all'uso della funzione di produzione, che appare uno

strumento quanto mai insoddisfacente, in quanto non consente di trattare un problema essenzialmente dinamico come quello del progresso tecnico altro che sotto un profilo di statica comparata. La possibilità di isolare le trasposizioni della curva di produzione che si verificano nel tempo per effetto del progresso tecnico dagli spostamenti lungo la curva originaria che si verificano per effetto di una modifica nelle quantità dei fattori impiegati è assai discutibile. Nelle analisi empiriche si dispone infatti solo di osservazioni sulle effettive quantità di fattori produttivi che sono state impiegate e sui loro prezzi: assumendo che le diverse combinazioni osservate appartengano a funzioni di produzione diverse, si ipotizza, senza verifica, che nei diversi momenti a confronto il sistema produttivo sia in equilibrio ⁽¹⁹⁾.

Dato che il prodotto teorico può divergere da quello effettivo per la presenza di capacità produttive inutilizzate, le variazioni del grado di utilizzazione della capacità produttiva finiscono quindi col confluire nella stima del progresso tecnico, distorcendo la stima. La funzione di produzione assume poi, come è noto, che la produzione si sviluppi in tutti i settori allo stesso saggio, in modo da lasciare inalterata la composizione del mix di prodotti, implica cioè che il progresso tecnico si diffonda in tutti i settori allo stesso saggio e le domande dei diversi beni crescano tutte allo stesso saggio. Quindi le stime sono incapaci di cogliere quella che è, probabilmente, la causa principale delle variazioni nella produttività media industriale: i mutamenti di struttura, in virtù dei quali i settori produttivi tradizionali cedono il passo a quelli ad alti tassi di sviluppo. Variazioni della produttività media del settore industriale possono, infatti, verificarsi anche in assenza di qualsiasi innovazione, per una semplice modificazione nella composizione qualitativa della produzione, che aumenta il peso dei settori a più elevata produttività nei confronti di altri.

⁽¹⁹⁾ Si veda in proposito L. PASINETTI, *On concepts and measures of changes in productivity*, in *Review of Economics and Statistics*, agosto 1959.

Il progresso tecnico implica inoltre continue modificazioni strutturali, sia dal lato dell'offerta, che da quello della domanda ⁽²⁰⁾. La struttura della produzione si modifica per effetto del diverso contributo e andamento nel tempo del progresso tecnico nei diversi settori, a causa delle nuove invenzioni, della creazione di nuovi prodotti, della scomparsa di prodotti tecnicamente obsoleti. Il progresso tecnico, quale che sia il suo andamento e la sua distribuzione per settori, si traduce inoltre in un aumento del reddito pro capite, che modifica la struttura della domanda in funzione del diverso livello di saturazione dei vari beni: da quelli di prima necessità a quelli via via più superflui.

Alla luce delle precedenti considerazioni sono, quindi, da ritenersi più soddisfacenti le stime del progresso tecnico condotte a un maggior livello di disaggregazione, riferite cioè ai singoli settori industriali.

4. Già nell'indagine del Graziani ⁽²¹⁾, con lo stesso metodo utilizzato per valutare la produttività globale del settore industriale, vengono calcolate le variazioni di produttività globale intervenute nel periodo 1953-1959 nelle varie industrie manifatturiere, separatamente per le grandi imprese (imprese che nel 1958 avevano un fatturato superiore al miliardo) e per le piccole.

I risultati di questa indagine mettono in primo luogo in evidenza come il contributo all'aumento del prodotto derivante dalla maggiore produttività sia in quasi tutti i settori sistematicamente più elevato nel gruppo delle piccole imprese.

Riunendo le classi di industria manifatturiera considerate in 5 raggruppamenti (alimentari, tessili, legno, metalmeccani-

⁽²⁰⁾ L. PASINETTI, *A new theoretical approach to the problems of economic growth*, in *Semaine d'études sur le rôle de l'analyse économétrique dans la formulation de plans de développement* [Pontificia Academia Scientiarum], Città del Vaticano 1965.

⁽²¹⁾ A. GRAZIANI, *op. cit.*, Appendice III.

che, chimiche), si rileva che, fatta eccezione per l'industria del legno, gli altri quattro raggruppamenti mostrano tassi di accrescimento della produttività globale assai simili (intorno al 35 %), che rappresentano un cospicuo contributo all'aumento di prodotto di ciascun settore. Sembrerebbe cioè potersi concludere che nel periodo 1953-1959 il progresso tecnico in senso lato si è manifestato con intensità all'incirca equivalente nei vari settori industriali. Ma se si fa riferimento alle classi di industrie comprese in ciascun raggruppamento si rilevano invece differenze sensibili nei tassi di incremento della produttività globale, e si conferma così che la validità delle conclusioni consentite da questo tipo di stime dipende dal livello di disaggregazione dell'analisi.

Una misura del ruolo esercitato dalle economie di scala e dal progresso tecnico nella crescita del valore aggiunto nelle diverse industrie manifatturiere nel periodo 1951-1961 è fornita dall'indagine del Vicarelli⁽²²⁾, che utilizza delle funzioni di produzione ad elasticità di sostituzione costante.

Questa funzione di produzione, che rappresenta una generalizzazione della Cobb-Douglas, assume la forma:

$$Y = e^{\gamma t} [\delta K^{-v} + (1 - \delta) L^{-v}]^{-1/v}$$

ed è omogenea di grado v . Per $v = 1$ si hanno dunque rendimenti di scala costanti; per $v > 1$ rendimenti crescenti e per $v < 1$ rendimenti decrescenti. Una variazione di γ , che viene chiamato parametro di efficienza, rappresenta un progresso tecnico di tipo neutrale, così come una variazione nel parametro v , poichè entrambi lasciano inalterato il saggio marginale di sostituzione tra i fattori. Una variazione non neutrale è invece rappresentata da una variazione nel parametro di distribuzione δ ($0 \leq \delta \leq 1$)

(22) F. VICARELLI, *La funzione di produzione a elasticità di sostituzione costante e la stima del tasso di progresso tecnico*, in *Rivista di Politica Economica*, luglio 1967.

o da una variazione nel parametro di sostituzione, che è legato alla elasticità della relazione: $\rho = 1/(1 + \sigma)$ ⁽²³⁾.

A causa delle carenze della documentazione statistica disponibile, l'indagine empirica ha dovuto essere condotta introducendo una ipotesi piuttosto restrittiva: cioè l'ipotesi della uguaglianza tra salario e produttività marginale del lavoro. Gli effetti del progresso tecnico neutrale vengono introdotti facendo variare nel tempo il parametro γ , che rappresenta appunto un indice di efficienza. Viene assunta l'ipotesi che l'intera funzione di produzione si sposti nel tempo secondo una legge esponenziale, in modo che il tasso relativo di variazione vi risulti costante. Assumendo, a livello di industria, una funzione CES omogenea di primo grado, si ottiene una stima del tasso di progresso tecnico statisticamente significativa per le seguenti industrie: costruzione mezzi di trasporto (30,6%), metallurgiche (15,0%), carta e cartotecnica (12,6%), chimica ed affini (11,6%), gomma elastica (9,7%), pelli e cuoio (9%), fotofono-cinematografiche e varie (7,5%) ⁽²⁴⁾.

Quanto all'elasticità di sostituzione dei fattori, essa risulta significativamente diversa da 1 per tutte le industrie citate, ad eccezione della costruzione di mezzi di trasporto, confermando che la Cobb-Douglas non costituisce una buona rappresentazione dello schema produttivo a livello industriale.

L'ipotesi di omogeneità di primo grado della funzione di produzione stimata costringe la stima del tasso di progresso tecnico a valori assai alti. Infatti, nel periodo 1951-1961 molte delle industrie esaminate hanno registrato economie di scala di notevole entità, che non potendo essere considerate dalla funzione di produzione utilizzata, vengono di fatto ricomprese nel fattore residuo.

⁽²³⁾ A.A. WALTERS, *Productivity and cost functions: an econometric survey*, in *Econometrica*, 1963.

⁽²⁴⁾ F. VICARELLI, *op. cit.*, pp. 1014-1016.

Per tener conto dell'influenza delle economie di scala e migliorare così l'efficacia interpretativa del modello, Vicarelli prosegue lo studio attraverso l'analisi di funzioni di produzione CES omogenee di grado v , lasciando che sia l'analisi empirica a stabilire in concreto il valore di v nelle diverse industrie.

Il tasso annuo di variazione dell'indice di progresso tecnico assume valori statisticamente significativi nelle seguenti industrie: costruzione mezzi di trasporto (12,9%), chimiche ed affini (10,4%), carta e cartotecnica (12,3%), gomma elastica (9,9%), meccaniche (3,8%).

I tassi di progresso tecnico risultano peraltro minori di quelli stimati nella ipotesi di omogeneità di grado della funzione di produzione. Infatti la possibilità di isolare la presenza delle economie di scala (v assume in tutte le industrie considerate valori superiori all'unità) consente di depurare di questa componente l'indice del fattore residuo. Quest'effetto è chiarissimo nell'industria della costruzione di mezzi di trasporto, che mostra la presenza di forti economie di scala ($v = 3,045$) e per la quale il tasso di progresso tecnico si è ridotto dal 30,6% al 10,4%.

Le industrie che non forniscono stime statisticamente soddisfacenti per il tasso di progresso tecnico presentano peraltro notevoli rendimenti di scala (il valore di v è sempre superiore all'unità, fatta eccezione per l'industria dei minerali non metaliferi) cui sono evidentemente associati gli incrementi di produttività.

Il metodo di analisi non consente peraltro una distinzione netta tra effetti dovuti a progresso tecnico ed effetti dovuti ad ingrandimenti di scala delle unità economiche. Può infatti accadere che innovazioni di carattere tecnico ed organizzativo si accompagnino ad aumenti delle dimensioni d'impresa: ciò causa un aumento del valore assunto dall'indice v , dando così l'impressione di trovarsi esclusivamente in presenza di economie di scala ⁽²⁵⁾.

(25) F. VICARELLI, *op. cit.*, pp. 1052-1053.

Per quanto il metodo di stima del progresso tecnico utilizzato presenti tutti i limiti connessi al ricorso a una funzione aggregata di produzione, il livello di disaggregazione cui è condotta l'analisi fornisce quanto meno una prima indicazione utile ai fini concreti di politica industriale, individuando i settori in cui il progresso tecnico inteso in senso lato si è manifestato in modo più intenso, ed isolando l'effetto delle economie di scala.

Il grado di confidenza che può essere attribuito alla stima dipende, tuttavia, dalla capacità interpretativa del modello sottostante, e quindi del maggiore o minore realismo delle ipotesi che sono implicite all'uso di funzioni aggregate di produzione a livello di industria.

Anche operando a livello di industria, la funzione di produzione, che deriva da un approccio micro-economico, richiede che siano rispettate le condizioni di un'aggregazione coerente.

Come è noto ⁽²⁶⁾ tali condizioni sono assai restrittive, in quanto le relazioni empiriche accertate a livello aggregato riflettono esattamente le relazioni esistenti a livello delle singole imprese solo se la funzione aggregata è omogenea di primo grado.

Anche quando queste difficoltà vengano superate, come da Vicarelli, assumendo la relazione aggregata non derivata in maniera esatta dalle relazioni micro-economiche mediante un rigoroso procedimento analitico, ma come una semplice relazione statistica fra gli aggregati empirici osservati, permangono tuttavia i problemi connessi alla misurazione aggregata di quantità non omogenee di prodotto, lavoro e capitale.

Una prima difficoltà nasce dalla eterogeneità del prodotto: anche operando a livello di industria, è possibile confrontare la produzione di tempi diversi, nei quali sono avvenuti mutamenti anche nella composizione del prodotto, solo attraverso la discutibile tecnica dei numeri indici.

⁽²⁶⁾ Si veda G. GREEN, *Aggregation in economic analysis, an Introductory survey*, Princeton 1964.

Analoghi problemi sorgono dall'aggregazione del lavoro: miglioramenti qualitativi della forza di lavoro che possono intervenire nel periodo considerato per aumentato livello di scolarità, migliore qualificazione professionale, ecc. rendono il lavoro qualitativamente non omogeneo. Il problema diviene però più grave quando si tratta dell'aggregazione del capitale, come è stato messo in luce dalla celebre critica della Robinson.

Quale il significato da attribuire all'indice di progresso tecnico così ottenuto? Assumendo che le funzioni di produzione delle singole imprese siano diverse, che diversi siano anche gli indici di progresso tecnico delle varie imprese, se le variabili aggregate esprimono un valore medio degli inputs di capitale, di lavoro, e di prodotto, la funzione aggregata dovrebbe rappresentare, sebbene in maniera distorta, la struttura media dell'intero sistema produttivo considerato e l'indice di progresso tecnico una media degli indici di progresso tecnico delle varie imprese.

Gli errori sistematici che possono inficiare questa stima del progresso tecnico sono elencati dallo stesso Vicarelli ⁽²⁷⁾:

- a) errori di aggregazione;
- b) errori di specificazione connessi con l'omissione di variabili esplicative nella funzione di produzione e con la mancata considerazione di variazioni qualitative dei fattori;
- c) errori dovuti alla presenza di relazioni simultanee;
- d) errori connessi con la mancata considerazione di variazioni qualitative del prodotto e con mutamenti nel tempo della composizione del prodotto;
- e) errori conseguenti a variazioni diverse nel tempo del grado di imperfezione del mercato del prodotto e del mercato dei fattori;
- f) errori connessi con la presenza di un progresso tecnico non neutrale;
- g) errori dovuti alla possibilità che i parametri stimati non appartengano alla funzione CES proposta.

(27) F. VICARELLI, *op. cit.*, pp. 1052-1053.

5. La crescente insoddisfazione nei confronti dei criteri di stima del progresso tecnico elaborati in base a modelli che presuppongono l'esistenza di una funzione aggregata di produzione ha riaccessi nei tempi più recenti l'interesse per l'ipotesi che l'incremento di produttività sia indotto dagli incrementi di produzione. In questo filone di studi si colloca lo studio di Palmerio⁽²⁸⁾ sul ruolo del progresso tecnico e delle economie di scala nello sviluppo della produttività del lavoro nel settore industriale in Italia nel periodo 1951-1965, la cui peculiarità dipende dal rifiuto della rappresentazione della struttura produttiva mediante una funzione aggregata di produzione.

Gli effetti dell'aumento della produzione sull'aumento della produttività del lavoro sono stimati attraverso l'analisi di regressioni del tipo:

$$\lg P = \alpha \lg Y_t + \lambda t + b$$

dopo P è la produttività misurata come prodotto per occupato, Y è la produzione, α è l'elasticità della produttività rispetto alla produzione, λ è il saggio di variazione della produttività rispetto alla produzione, t è il tempo, A una costante. Quindi un alto valore di α implica che l'aumento della produzione giochi un ruolo determinante nell'aumento della produttività, mentre un alto valore di λ implica che questo incremento vada attribuito a cause diverse dall'aumento della produzione. Si tratta cioè di una verifica empirica dell'ipotesi di incremento della produttività indotto dagli incrementi della produzione, formalizzata dal Verdoorn in un suo articolo del 1949⁽²⁹⁾.

⁽²⁸⁾ G. PALMERIO, *Il ruolo del progresso tecnico nello sviluppo economico italiano (1951-1965)*, Roma 1968.

⁽²⁹⁾ P. VERDOORN, *Fattori che regolano lo sviluppo della produttività del lavoro*, in *L'industria*, 1949.

Fra gli artefici del revival della legge di Verdoorn, si può citare in primo luogo N. KALDOR, *Lenteur de la Croissance économique du Royaume Uni: ses causes et conséquences*, in *Analyse et Prévision*, n. 3, 1967.

In Italia essa è stata accolta da P. SYLOS LABINI, *Prezzi, distribuzione e investimenti in Italia dal 1951 al 1966*, in *Moneta e Credito*, settembre 1967 e da T. Cozzi, *Stabilità e sviluppo dell'economia*, Torino 1968.

I risultati ottenuti da Palmerio nella verifica empirica estesa a 42 rami del settore manifatturiero sono sempre assai soddisfacenti da un punto di vista statistico, anche se non sempre significativi dal punto di vista economico ⁽³⁰⁾. I valori di α stimati sono in genere assai alti: l'aumento della produzione dovrebbe cioè giocare un ruolo molto importante nell'aumento della produttività; modesti, invece, i saggi di incremento della produttività indipendenti dalle variazioni della produzione.

Tale risultato implica che i rendimenti crescenti sotto forma di economie di scala e di apprendimento in seguito all'esperienza abbiano giocato un ruolo rilevante nel determinare gli aumenti di produttività. L'ipotesi che le variazioni della produttività del lavoro siano spiegate dalle variazioni della produzione non appare però, da sola, sufficiente a spiegare le variazioni della produttività: occorre individuare il ruolo dei fattori non esplicitati che confluiscono nella componente esogena e in primo luogo quello degli investimenti.

Lo stesso Palmerio sottopone a verifica empirica anche un gruppo di relazioni che considerano la produttività del lavoro in funzione degli investimenti fissi lordi. Le stime più soddisfacenti sono ottenute nell'ipotesi che la produttività del lavoro dipenda da tutta la serie degli investimenti compiuti in passato oltre che dal tempo e che gli investimenti relativi ai periodi più lontani esercitino sulla produttività una influenza minore di quelli relativi ai periodi più vicini. Le stime, effettuate sia nella ipotesi che la relazione tra produttività e investimenti sia lineare, che nella ipotesi che essa sia lineare nei logaritmi ⁽³¹⁾ consentono, almeno per alcune industrie, di giungere alla conclusione che gli investimenti, e quindi il progresso tecnico incorporato, hanno svolto una funzione importante nel determinare l'andamento della produttività nel periodo considerato.

⁽³⁰⁾ Meno soddisfacenti sono invece i risultati della verifica della relazione espressa in termini di saggi di variazione, nella forma proposta dall'articolo originario di Verdoorn.

⁽³¹⁾ G. PALMERIO, *op. cit.*, pp. 44-46.

Confrontando le regressioni che considerano la produttività funzione della produzione e quelle che considerano la produttività funzione degli investimenti, sembra potersi concludere che le economie di scala hanno in genere svolto un ruolo più importante del progresso tecnico incorporato. Questa conclusione appare anche giustificata dai risultati dell'ultima serie di regressioni, che sottopongono a verifica empirica una funzione in cui la produttività del lavoro viene fatta dipendere contemporaneamente dalla produzione e dagli investimenti, sia nell'ipotesi che non vi sia alcun sfasamento temporale tra produttività e investimenti, sia nella ipotesi che tra le due variabili vi sia il ritardo di un anno ⁽³²⁾.

Per quanto queste stime non presentino alcuni dei limiti metodologici precedentemente esaminati, i modelli di cui viene analizzata la validità empirica appaiono di ben modeste capacità interpretative.

L'esistenza di una correlazione positiva tra produzione e produttività può non essere significativa dell'esistenza di un nesso di causalità tra le variabili nel senso ipotizzato dalla legge di Verdoorn. Le considerazioni che possono giustificare tale nesso di causalità, oltre a quelle connesse alla maggiore possibilità di beneficiare di economie di scala all'aumentare della produzione settoriale, sono: la maggiore possibilità di svolgere attività di ricerca e sviluppo, e quindi di produrre invenzioni, nei settori a più rapida crescita, con maggiori prospettive di sviluppo e di profitto; le maggiori possibilità di applicazione delle invenzioni, che richiedono elevati investimenti, in presenza di elevate prospettive di crescita della domanda; la maggiore probabilità che siano le imprese operanti in settori a più rapida espansione le prime a introdurre le tecniche più efficienti; gli effetti dell'apprendimento derivante dall'esperienza acquisita nella espansione del processo produttivo ⁽³³⁾.

⁽³²⁾ G. PALMERIO, *op. cit.*, pp. 54-57.

⁽³³⁾ Sulla base delle argomentazioni della teoria del *Learning by doing*

La possibilità che sia l'incremento della produttività a determinare un incremento della domanda, e quindi della produzione, attraverso i suoi effetti sui costi e sui prezzi relativi sembra invece da respingere, dato che in questa ipotesi l'incremento di produttività dovrebbe ritenersi un fattore del tutto esogeno, le economie di scala inesistenti, il progresso tecnico incorporato nullo, ed inoltre occorrerebbe assumere che le variazioni di produttività siano pienamente riflesse nel movimento dei prezzi relativi, e non nelle variazioni relative di salari e profitti, il che appare alquanto improbabile.

Queste argomentazioni, se sembrano sufficienti ad escludere l'esistenza di un nesso causale tra produzione e produttività in senso inverso a quello ipotizzato dalla legge di Verdoorn, non escludono però che la correlazione tra le variazioni della produzione e della produttività sia determinata dalla influenza di altre variabili che spiegano ambedue.

Non si può inoltre trascurare la possibilità che si verifichi, specie nel lungo periodo, un processo cumulativo in cui la più frequente introduzione di innovazioni in un settore stimola la crescita della domanda, e quindi della produzione di questo settore. Diventano così più favorevoli le prospettive di sviluppo e di profitti futuri, che determinano un nuovo impegno nelle attività di invenzione e nell'investimento, accelerando così il meccanismo di sviluppo del settore.

I risultati della ricerca di Vaciago⁽³⁴⁾ sulla validità della legge di Verdoorn nell'industria manifatturiera italiana confermano le perplessità precedentemente enunciate. Attraverso indagini *cross section* sull'andamento della produzione e della produttività oraria in un campione di industrie manifatturiere e indagini su dati annuali e trimestrali relativi all'intero settore manifatturiero nel periodo 1951-1965 si giunge alla

v. K. J. ARROW, *The economic implications of learning by doing*, in *Review of Economic Studies*, 1962.

⁽³⁴⁾ G. VACIAGO, *Sviluppo della produttività e legge di Verdoorn nell'economia italiana*, in *Moneta e Credito*, settembre 1968.

conclusione che quanto maggiore è l'incremento della produttività, tanto minore è l'influenza che su di esso esercita l'aumento della produzione. In altri termini, in larga parte lo sviluppo della produttività non è spiegato dallo sviluppo della produzione, ma dagli altri fattori non spiegati che confluiscono nel termine di trend.

Introducendo gli investimenti come ulteriore variabile esplicativa dello sviluppo della produttività, si rivela che nel breve periodo investimenti e produttività hanno un andamento divergente: ad una accelerazione degli investimenti corrisponderebbe quindi un aumento dell'occupazione prima che della produzione, e viceversa nel caso di una riduzione nel ritmo degli investimenti si avrebbe una riduzione dell'occupazione prima che della produzione ⁽³⁵⁾.

Le stime esaminate in questo paragrafo si caratterizzano, oltre che per il rifiuto di adottare il criterio metodologico della misura del progresso tecnico attraverso gli spostamenti nel tempo della funzione aggregata di produzione, anche per l'abbandono dell'ipotesi di un progresso tecnico di natura esogena, che era invece comune ai metodi di stima precedentemente esaminati.

Malgrado questi significativi miglioramenti, non appaiono soddisfacenti: per l'incapacità di spiegare l'interdipendenza simultanea delle variabili in gioco, e le interazioni tra fenomeni di breve e di lungo periodo, i modelli elaborati in base alla ipotesi di progresso tecnico indotto dallo sviluppo della produzione non sono infatti in grado di fornire delle stime del contributo progresso tecnico in senso stretto allo sviluppo industriale.

6. Disponendo di tavole input-output compilate per la stessa economia a due momenti diversi, si può pervenire a una

⁽³⁵⁾ Una interessante spiegazione dell'andamento della produttività del lavoro nell'industria italiana nel breve periodo è fornita da E. TARANTELLI, *Produttività del lavoro, salari e inflazione*, Roma 1970.

valutazione non frammentaria del ruolo del progresso tecnico nello sviluppo industriale, che tenga conto non solo delle differenze del tasso di progresso tecnico nei diversi settori, ma contemporaneamente del diverso contributo di ciascun settore al prodotto complessivo e delle relazioni fra settori.

La recente pubblicazione della matrice italiana per il 1965 ⁽³⁶⁾, che appare abbastanza confrontabile con quella del 1959 ⁽³⁷⁾, apre quindi nuove prospettive di indagine, cui pare opportuno accennare.

Una prima esplorazione sistematica dei cambiamenti della struttura produttiva può essere effettuata attraverso l'indice di Leontief ⁽³⁸⁾. Esso si fonda sul fatto che, nel quadro di una matrice dei coefficienti tecnici derivati da una tavola input-output e dei coefficienti settoriali di lavoro e di capitale, un incremento di produttività è rappresentato dalla riduzione di almeno uno dei coefficienti, fissi restando gli altri, nell'intervallo di tempo considerato. Poichè però a causa dei mutamenti tecnologici alcuni coefficienti tecnici possono diminuire ed altri aumentare, il criterio proposto da Leontief, consente di fornire una stima del tasso di incremento della produttività globale del sistema attraverso una media delle variazioni relative dei coefficienti fisici dei diversi settori di produzione, ponderata impegnando come pesi i valori monetari dei diversi inputs.

Se esiste progresso tecnico nell'economia, l'indice risulta negativo, in quanto implica una diminuzione della quantità di inputs, necessaria a produrre una unità della produzione complessiva; negative sono pure tutte le variazioni calcolate in quei settori nei quali si è realizzato progresso tecnico.

⁽³⁶⁾ ISTAT, *Primi studi sulle interdipendenze strutturali della economia italiana (Tavola 1959)*, Note e Relazioni n. 27, Roma 1965.

⁽³⁷⁾ ISTAT, *Le matrici dirette e inverse dell'economia italiana (1965)*, Note e Relazioni n. 45, Roma 1969.

⁽³⁸⁾ W. LEONTIEF, *Structural change*, in *Studies in the structure of American Economy*, New York 1953. V. anche E. DOMAR, *On the measurement of technological change*, in *Economic Journal*, 1961.

L'indice consente quindi di valutare simultaneamente le variazioni di produttività all'interno dei diversi settori e della economia in complesso. La produttività globale calcolata con il metodo di Leontief risulta più elevata di quella calcolata con i metodi tradizionali; ciascun indice settoriale riflette infatti le variazioni di produttività intervenute nei settori fornitori di beni intermedi.

Anche disponendo di matrici comparabili a intervalli temporali abbastanza vicini l'applicazione empirica del metodo di Leontief presenta non poche difficoltà, che derivano essenzialmente dalla difficoltà di deflazionare una tavola input-output. Occorre infatti che i deflatori utilizzati per riga siano consistenti con i deflatori impliciti della contabilità nazionale per il prodotto nazionale lordo e per le sue principali componenti. Inoltre, sommando i valori costanti per colonna si deve ottenere un valore aggiunto a prezzi costanti corrispondente a quello ottenibile applicando il deflatore implicito del prodotto nazionale lordo al lato dei prodotti. I problemi di coerenza che si vengono a proporre sono piuttosto seri⁽³⁹⁾.

Anche l'indice leonteviano non offre peraltro una misura del progresso tecnico, dato che le variazioni nei coefficienti di produzione possono derivare non solo da variazioni nelle tecniche produttive, ma anche:

- dalle variazioni del grado di utilizzazione della capacità produttiva;
- dalle variazioni negli stocks di settore;
- dagli effetti delle economie di scala;
- dalle variazioni nel mix produttivo di ciascuna industria nell'arco temporale considerato.

L'indice leonteviano tiene comunque solo conto delle variazioni nei fabbisogni diretti di inputs. Un procedimento di valu-

⁽³⁹⁾ B.N. VACCARA, *Changes over time in input-output coefficients for the United States*, in *Applications of input-output analysis*, ed. by A.P. CARTER and A. BRODY, North Holland 1970.

tazione che tiene conto non solo delle variazioni dei coefficienti diretti, ma anche di quelli indiretti è quello suggerito da Carter ⁽⁴⁰⁾.

Moltiplicando le matrici inverse $(I - A)^{-1}$ disponibili per l'anno base e l'anno t per un vettore che esprima la domanda finale dell'anno t , è possibile confrontare i due vettori che esprimono le produzioni settoriali che sarebbero state necessarie per soddisfare la domanda finale dell'anno t utilizzando rispettivamente le tecnologie dell'anno base e dell'anno t . I coefficienti della matrice inversa esprimono infatti i fabbisogni diretti e indiretti di inputs per ciascuna produzione; riflettono cioè non solo gli inputs acquistati dagli altri settori, ma anche quelli che non compaiono come tali per la singola industria, ma lo sono nel sistema, poichè sono stati a loro volta utilizzati come inputs dal settore fornitore.

Tanto l'indice di Leontief quando l'indice delle variazioni strutturali che si ottiene tenendo conto dei fabbisogni diretti e indiretti di inputs possono essere utilizzati anche per la valutazione del progresso tecnico incorporato, quando si disponga non solo della matrice dei coefficienti tecnici medi, rilevata, ma anche di quella riferita alla « best technique » ⁽⁴¹⁾.

Anche i metodi di stima del progresso tecnico elaborati in base al confronto di matrici intersettoriali dell'economia non sono però in grado di fornire indicazioni sulle cause di variazione dei coefficienti tecnici che vengono registrate, a causa delle approssimazioni su cui si fonda il modello.

Il prodotto di ogni settore, che viene considerato come omogeneo, è in realtà composto di più beni, ottenuti con diversi processi e quindi con diversi inputs, le cui differenze sono tra-

⁽⁴⁰⁾ A.P. CARTER, *Changes in the structure of the american economy, 1947 to 1958 and 1962*, in *Review of Economics and Statistics*, 1967.

⁽⁴¹⁾ S. PARRINELLO, *L'indice di produttività globale*, in *Giornale degli Economisti*, giugno 1966; A.P. CARTER, *A linear programming systems analyzing embodied technical change*, in *Contributions to input-output analysis*, cit.

scurate dal modello. Gli spostamenti relativi nella composizione per tipo di beni della domanda rivolta a una data industria, possono quindi comportare delle modificazioni nei metodi di produzione, che non vengono registrati dal modello. In presenza di variazioni strutturali di questo tipo appare quindi opportuna una maggiore conoscenza della struttura tecnologica dei singoli processi produttivi, attraverso strumenti di analisi diversi dal modello input-output⁽⁴²⁾.

7. Le analisi econometriche del progresso tecnico che abbiamo esaminato non offrono, come si è visto, una stima soddisfacente dell'importanza relativa del progresso tecnico rispetto agli altri fattori che concorrono a determinare lo sviluppo della produzione che non è spiegato dal semplice incremento nelle quantità fisiche dei fattori utilizzati. Ciò dipende, come si è visto, e dalle caratteristiche dei modelli utilizzati, e dal fatto che nelle analisi condotte a livello aggregato le assunzioni sulla natura e le caratteristiche del progresso tecnico sono tali da limitare grandemente la fascia dei fenomeni esaminati.

Fra le relazioni che i modelli utilizzati dovrebbero consentire di esaminare vi è quella tra progresso tecnico ed accumulazione. Nei modelli del tipo ad annate, che esplicitano il ruolo del progresso tecnico incorporato nei nuovi beni capitali, e consentono quindi di attribuire all'investimento il ruolo di veicolo delle nuove tecnologie non vi è però, come si è avuto modo di rilevare, la possibilità di distinguere tra progresso tecnico incorporato ed economie di scala, a causa della indivisibilità dei beni capitali. Il progresso tecnico incorporato viene attribuito alle industrie utilizzatrici di beni capitali, anche se non è necessariamente la conseguenza di innovazioni in quelle industrie, la cui tecnologia di produzione altro non è che la tecnologia di pro-

(42) Vedi T.K. KOOPMANS, *Three essays on the state of economic science*, New York 1957, p. 194.

dotto delle industrie fornitrici di beni capitali, nelle quali si è verificata l'innovazione (⁴³).

Per quanto concerne le relazioni tra progresso tecnico ed economie di scala, gli studi che abbiamo esaminato giungono alla conclusione che le economie di scala hanno giocato un ruolo notevole nello sviluppo industriale italiano: quanto più i modelli utilizzati sono in grado di esplicitare il ruolo di questo fattore, tanto più risulta ridimensionato il contributo del progresso tecnico.

A un elevato livello di aggregazione non si è però in grado di operare una distinzione fra le economie interne delle singole imprese, che determinano la riduzione dei costi unitari di produzione all'aumento delle dimensioni, da quelle esterne all'impresa, ma interne al settore, come l'aumento delle dimensioni del mercato. Non si ha quindi la possibilità di trattare una delle relazioni di maggiore interesse ai fini della politica economica: la relazione tra progresso tecnico e dimensione di impresa, e conseguentemente forme di mercato. Inoltre quando il ruolo delle economie di scala viene valutato empiricamente attraverso l'esistenza di una correlazione positiva tra aumento della produzione e aumento della produttività del lavoro nel settore, si trascurano le conseguenze di una modificazione nella composizione qualitativa della produzione, e in particolare di un aumento della diversificazione produttiva, che fornirebbe alla relazione empiricamente accertata una spiegazione del tutto diversa.

L'incapacità dei modelli adottati a fornire una stima del progresso tecnico come fattore di sviluppo industriale distinto, e di analizzarne in modo soddisfacente le relazioni con gli altri fattori di sviluppo dipende essenzialmente, a nostro parere, dall'approccio macro-economico adottato. Operando su grandezze aggregate si traspongono infatti a livello di settore o dell'intero sistema economico concetti elaborati con riferimento alla sin-

(⁴³) Vedi W.E.G. SALTER, *Productivity and technical change*, Cambridge 1960 e J. SCHMOOKLER, *Invention and economic growth*, Cambridge Mass. 1966.

gola impresa, e per i quali solo a livello micro-economico si è in grado di reperire dei correlati empirici soddisfacenti. Inoltre i modelli macro-economici introducono una serie di ipotesi sulla natura e le caratteristiche del progresso tecnico che ne limitano ulteriormente la capacità interpretativa, e quindi l'utilizzazione a fini predittivi e normativi.

Comune alla maggior parte dei modelli esaminati è l'ipotesi di un progresso tecnico di natura esogena, trattato cioè come variabile generata al di fuori dell'ambito di azione delle forze economiche e introdotta nel sistema a un tasso determinato esogenamente. Anche l'approccio al capitale per annate, cui consegue l'identificazione del progresso tecnico incorporato, non implica infatti l'abbandono dell'ipotesi di esogeneità del progresso tecnico⁽⁴⁴⁾ ma consente di precisare l'esistenza di due elementi, di natura diversa:

- la variazione del livello delle conoscenze tecniche disponibili ad ogni periodo, che viene determinata esogenamente;
- la creazione di beni capitali sempre più efficienti, che incorporano il nuovo livello di conoscenze tecniche, ed ha carattere endogeno, in quanto dipende dal livello degli investimenti lordi, determinato da variabili interne al sistema.

In realtà ad ogni istante del tempo esiste un complesso di conoscenze tecniche disponibili a livelli più o meno lontani da quelli produttivi. Il livello più lontano è quello della pura e semplice conoscenza dei fenomeni fisici (ricerca di base); ad un secondo livello vi sono le conoscenze relative all'applicazione di questi principi alla produzione (ricerca applicata) ed infine le conoscenze che derivano dal quotidiano miglioramento delle operazioni produttive (ricerca di miglioramento). Nel passaggio delle conoscenze tecniche dai livelli più lontani a quelli più vicini alla produzione, l'influenza delle variabili economiche è sempre rilevante⁽⁴⁵⁾.

(44) F.H. HAHN e R.C.O. MATTHEWS, *The theory of economic growth*, in *Economic Journal*, dicembre 1964.

(45) W.E.G. SALTER, *op. cit.*

Anche quando l'attività di ricerca e sviluppo aveva carattere sporadico ed occasionale, e ad essa non veniva dedicata l'attenzione sistematica dalle imprese e dall'operatore pubblico, aveva pur sempre carattere economico. La variazione delle conoscenze tecniche dovrebbe quindi essere considerata una variabile strategica, che può essere controllata oltre che dalle imprese anche dall'operatore pubblico attraverso le spese di ricerca e sviluppo. L'innovazione non avrebbe infatti assunto nell'economia della produzione industriale il rilievo che essa attualmente riveste, se essa non avesse ricevuto, specie nel periodo successivo alla seconda guerra mondiale, un impulso imponente proprio dall'azione pubblica, grazie alla quale in molti paesi industrializzati alla ricerca e sviluppo sono destinate risorse notevolmente superiori a quelle che vi sarebbero state devolute dalle imprese, in funzione delle prospettive di mercato ⁽⁴⁶⁾.

Trattando il tema del progresso tecnico a livello aggregato, i criteri di stima che sono stati esaminati non consentono di trattare l'innovazione nei prodotti. Il confronto fra quantità prodotte a tempi diversi nell'industria implica infatti l'assunto che la composizione qualitativa della produzione si mantenga fissa nel tempo, e non consente di rilevare i mutamenti nel mix produttivo per effetto dell'introduzione di nuovi prodotti o dell'eliminazione di quelli obsoleti. L'innovazione nei prodotti è peraltro caratteristica di una società industriale avanzata, dove a quella tecnologica si accompagna anche l'innovazione nella forma esteriore del prodotto più che nelle sue sostanziali proprietà funzionali. Essa comunque si associa spesso a introduzioni di nuove macchine ed impianti, ed è pertanto difficilmente distinguibile da quella nei processi ⁽⁴⁷⁾.

⁽⁴⁶⁾ Per un'ampia trattazione si veda P. SARACENO, *L'economia dei paesi industrializzati*, Milano 1970, cap. I.

⁽⁴⁷⁾ Il tema dell'innovazione nei prodotti nell'industria italiana è stato affrontato da una recente ricerca condotta mediante indagine diretta presso un campione di imprese manifatturiere. N. CACACE, *L'innovazione nei prodotti nell'industria italiana*, Milano 1970.

La difficoltà di distinguere tra innovazioni nei processi e innovazioni nei prodotti nei modelli di tipo macro-economico si accompagna a un'altra delle limitazioni di questo approccio: l'incapacità di operare una distinzione fra l'introduzione e la diffusione di nuove tecniche.

Nel primo caso si ha una variazione nel complesso delle conoscenze tecniche, che può riguardare nuovi modi di produzione di beni esistenti, nuovi disegni che rendano possibile la creazione di nuovi beni con sostanziali differenze rispetto a quelli preesistenti, nuove tecniche di organizzazione, di produzione, di vendita, ecc. Nel secondo caso si ha una modifica degli impianti, prodotti, organizzazione, che può avvenire anche senza variazione nelle conoscenze, semplicemente per la maggiore diffusione delle informazioni tecniche esistenti, o dei beni capitali che incorporano le nuove conoscenze. Il processo si muove infatti nel senso che a variare delle conoscenze tecniche, la maggiore o minore convenienza ad impiegarli da parte delle imprese dipende da una serie di variabili di ordine economico, la più importante delle quali è rappresentata dalle caratteristiche degli investimenti attuali di ogni impresa.

La distinzione fra i due momenti non è irrilevante ai fini della politica economica: si aumenta infatti il tasso di introduzione di nuove tecniche attraverso gli incentivi alla nuova produzione di conoscenze scientifiche, mentre si incentiva la diffusione delle tecniche migliorando l'informazione tecnica ed incentivando le imprese a rinnovare i propri impianti.

Le stime a livello aggregato forniscono una misura congiunta della introduzione e della diffusione di nuove tecniche, per il fatto che sono trasferiti a livello macro-economico, senza alcuna qualificazione, i concetti elaborati a livello di singola impresa.

Per l'impresa infatti la distinzione non si propone: l'impresa realizza progresso tecnico quando essa produce un nuovo bene o servizio, o usa un metodo di produzione nuovo, senza che per essa sia rilevante il fatto di essere o meno la prima ad

introdurlo. Il tasso di progresso tecnico di un paese dipende invece dal tasso con cui il paese acquisisce nuove tecnologie (di produzione autonoma o di importazione) e dal tasso con cui diffonde quelle già note.

Sembra a questo punto potersi concludere che la scarsa efficacia interpretativa dei modelli adottati per la stima del progresso tecnico e la loro scarsa rilevanza ai fini della politica industriale dipenda in maniera cruciale dall'approccio macroeconomico adottato. La difficoltà di trattare i temi più rilevanti della politica economica nell'ambito di modelli di questo tipo, ha infatti indotto le analisi econometriche più recenti, perlomeno negli Stati Uniti (⁴⁸) a rivolgersi ad un approccio microeconomico, per tentare non solo di quantificare il progresso tecnico in senso stretto (innovazioni nei processi e nei prodotti) ma anche di analizzare il ruolo delle spese di ricerca e sviluppo pubbliche e private, e le relazioni fra progresso tecnico, forme di mercato e dimensioni di impresa, il fenomeno della diffusione di nuove tecniche, ecc.

L'approccio micro-economico appare, quindi, il più opportuno quando l'analisi del progresso tecnico è rivolta a fornire concrete indicazioni ai fini della politica economica.

(⁴⁸) Tra i più significativi studi di questo tipo si possono citare E. MANSFIELD, *The economics of technical change*, Norton 1968 e *Industrial Research and technological innovation*, Norton 1968. Saggi dello stesso autore e di F.M. Scherer sono tradotti in italiano in E. MANSFIELD e F.M. SCHERER, *Progresso tecnologico e dimensioni di impresa*, Milano 1968.