

Innovazione e Ricerca nella Teoria Neoclassica

Paolo Giordani* e Luca Zamparelli**

Aprile 2007

Abstract

In questa rassegna discutiamo i problemi legati alla trattazione del cambiamento tecnologico nella teoria neoclassica. Adottando una prospettiva storica, descriviamo il ruolo dell'innovazione e le implicazioni di politica economica partendo da modelli di crescita esogena, passando per i primi tentativi di endogeneizzazione del cambiamento tecnico per arrivare ai più recenti modelli di ricerca e sviluppo.

Keywords: Innovazione, Crescita Neoclassica, Crescita Endogena, R&D.

JEL Classification: E13, L16, O31, O40.

*Dipartimento di Economia Pubblica, Università di Roma 'La Sapienza', e Dipartimento di Economia, European University Institute, via delle Fontanelle 10, 50016 San Domenico di Fiesole (FI), Italia. E-Mail: paolo.giordani@eui.eu.

** Dipartimento di Economia Pubblica, Università di Roma 'La Sapienza', e New School University, 80 Fifth Avenue, 10011, New York, NY, United States. E-mail: zampl472@newschool.edu.

1 Introduzione

Fin dagli albori dell'economica politica moderna l'innovazione e il cambiamento tecnico più in generale hanno avuto un ruolo centrale nell'analisi della crescita economica. Nell'introduzione a 'La Ricchezza delle Nazioni' Smith (1776) individua nella produttività del lavoro (skill, dexterity, and judgment with which labour is generally applied) la più importante fra le cause della ricchezza di un paese. Ancorchè non formalizzato il meccanismo di crescita della produttività del lavoro è analizzato da Smith in dettaglio; la concorrenza induce le imprese alla ricerca e all'introduzione di metodi di produzione più efficienti per poter incrementare le proprie quote di mercato, o conseguire profitti superiori al normale¹. In generale gli aumenti di produttività sono resi possibili dall'aumento della divisione del lavoro che a sua volta dipende dall'estensione del mercato. La possibilità di produrre in modo più efficiente è cioè legata alla scala della produzione che richiede mercati sufficientemente sviluppati per essere assorbita. In questo quadro lo sviluppo delle possibilità produttive di un'economia e l'accumulazione di capitale sono indissolubilmente legate². Nonostante questo promettente inizio, lo studio dello sviluppo dell'innovazione è rimasto ai margini della teoria della crescita economica almeno fino alla fine degli anni ottanta. I primi modelli di crescita, sia keynesiani che neoclassici, focalizzano la loro attenzione sull'accumulazione di capitale. Gli autori keynesiani (Harrod (1939), Domar (1946)) erano interessati ad estendere l'analisi di Keynes al lungo periodo; pertanto si concentrarono sul meccanismo di aggiustamento tra investimenti programmati e risparmi e sulle conseguenze che questo meccanismo aveva sulla stabilità del sistema economico e la sua capacità di raggiungere il pieno impiego del lavoro piuttosto che sulla sua produttività. Gli autori neoclassici (Solow (1956, 1957, 1960), Swann (1956)) analizzavano la crescita sviluppando una teoria fondata sull'analisi dell'allocazione di risorse scarse dati i metodi di produzione; in un tale contesto era naturale considerare come esogeno il tasso di crescita del livello tecnico.

Nel resto del capitolo concentreremo la nostra attenzione sul modo in cui l'innovazione e il livello tecnologico sono stati trattati nella teoria neoclassica e quale ruolo per il settore pubblico se ne possa dedurre.

2 Il progresso tecnologico nella teoria neoclassica

Una delle caratteristiche fondamentali della teoria neoclassica è il legame tra produzione e distribuzione. La crescita del reddito è generata dall'aumento dell'offerta dei fattori produttivi che sono pienamente impiegati e, in condizioni di concorrenza perfetta, vengono pagati in base alla loro produttività marginale. La produzione può essere rappresentata tramite una funzione (F) che trasforma gli inputs, tipicamente capitale (K) e lavoro (L), in output (Y):

$$Y = F(K, L).$$

¹The competition of the producers, who, in order to undersell one another, have recourse to new divisions of labour and new improvements of art, which might never otherwise have been thought of [ibid. V, i, e, p. 748].

²In un contesto simile, quando si assuma la validità della legge di Say, ha senso la famosa affermazione di Allyn Young (1928, p.533) che 'the division of labour depends in large part upon the division of labour'.

Sotto l'ipotesi di rendimenti di scala costanti vale il teorema di Eulero e la produzione è appena sufficiente a remunerare i fattori produttivi:

$$Y = \frac{\partial F}{\partial K}K + \frac{\partial F}{\partial L}L$$

dove le derivate parziali della funzione di produzione uguagliano i saggi di remunerazione dei fattori. E' chiaro pertanto che date queste ipotesi non c'è modo per introdurre la remunerazione di un ulteriore fattore che rappresenti il livello della tecnologia (A). Di fatto, aggiungendo l'ulteriore fattore di produzione avremmo:

$$Y = F(A, K, L) < \frac{\partial F}{\partial A}A + \frac{\partial F}{\partial L}L + \frac{\partial F}{\partial K}K$$

e la spiegazione della distribuzione del reddito ne verrebbe compromessa. Si noti a questo proposito come l'ipotesi di rendimenti almeno costanti nei fattori capitale e lavoro sia un'esigenza logica della teoria, dato che è sempre possibile in principio raddoppiare la produzione duplicando un qualsiasi processo produttivo dato un certo livello tecnologico. In questo senso già Schumpeter avvertiva ne "La teoria dello sviluppo economico" (1934) che ogni volta che viene introdotta un'innovazione la teoria della distribuzione viene violata. Tuttavia, contrapporre fasi di normalità, in cui lo stato della tecnologia è dato e la teoria neoclassica è in grado di spiegare la distribuzione, a momenti straordinari di cambiamento durante i quali la comparsa di innovazioni compromette tale spiegazione, non è una via percorribile per la teoria neoclassica; come mostriamo di seguito l'esistenza di progresso tecnologico continuo è necessaria per avere crescita sostenuta del reddito procapite.

Per facilitare l'esposizione è opportuno ipotizzare che la tecnologia sia di tipo Cobb-Douglas³:

$$Y = K^\alpha (AL)^{1-\alpha} \quad (1)$$

La dinamica del modello può essere espressa in termini del capitale per unità di efficienza lavoro ($k \equiv K / AL$) come:

$$\hat{k} = sk^{\alpha-1} - n - \hat{A} \quad (2)$$

dove n è il tasso di crescita della popolazione e dove i \wedge indicano i tassi di crescita. Data la forma funzionale ipotizzata è sempre possibile trovare un valore k^* per cui $\hat{k} = 0$. A tale livello di accumulazione, detto stato stazionario, anche il reddito per unità di efficienza lavoro $Y / AL = (k^*)^\alpha$ risulta costante e la possibilità di avere crescita dipende da \hat{A} , cioè dal tasso di crescita esogeno del progresso tecnico.

L'esogeneità del tasso di crescita del progresso tecnico dell'economia nel modello di base neoclassico deve intendersi in una duplice maniera. In primo luogo consiste nel fatto che il progresso non è il risultato di azioni di agenti economici il cui comportamento è spiegato dalla teoria, in secondo ordine come l'indipendenza del tasso di crescita dalle preferenze

³I risultati derivati di seguito non cambiano con altre forme funzionali purchè la funzione di produzione abbia rendimenti costanti, rispetti le condizioni di Inada e il progresso tecnico sia, come ipotizziamo, di tipo Harrod neutrale.

degli agenti e, in particolare, dal risparmio. Le due nozioni, come vedremo in seguito, non sono necessariamente coincidenti. Sotto questo duplice aspetto l'ipotesi di esogeneità risultava problematica da un lato in quanto i primi esercizi di growth accounting attribuivano un ruolo quantitativo marginale all'accumulazione dei fattori capitale e lavoro; dall'altro perchè l'indipendenza della crescita dalle preferenze degli agenti privava il decisore pubblico della possibilità di influenzare, modificando l'incentivo al risparmio, la crescita dell'economia. In questa ottica lo sviluppo delle teorie della crescita endogena può essere vista come il tentativo di recuperare uno spazio per il ruolo della politica economica nella crescita.

3 I primi tentativi di spiegazione del livello tecnologico

Date le difficoltà tecniche descritte nella precedente sezione i primi tentativi di endogeneizzare il livello tecnologico hanno evitato di concentrare la loro attenzione sull'innovazione. Piuttosto, il livello tecnologico è incorporato alternativamente in uno dei due fattori rivali capitale e lavoro, ed è ipotizzato crescere con la loro accumulazione.

Arrow (1962) ipotizzò che il livello tecnologico cresca sulla base di un processo di 'learning by doing' che può essere approssimato dal livello dello stock di capitale. Di fatto, l'accumulazione di capitale produce un'esternalità sul livello tecnologico e genera rendimenti crescenti nella funzione di produzione aggregata. Tuttavia le singole imprese producono a rendimenti costanti per cui il problema relativo alla distribuzione non sorge. L'ipotesi di Arrow equivale ad assumere $A = K^\eta$ con $\eta < 1$.

In tal caso la legge di accumulazione del capitale diventa $\hat{k} = s(1-\eta)k^{\alpha-1} - n$, che può essere risolta per il livello di steady state:

$$k^* = \left(\frac{n}{(1-\eta)s} \right)^{-\frac{1}{1-\alpha}}. \quad (3)$$

Anche il livello del reddito per unità di lavoro efficiente sarà pertanto costante, cosicché il reddito procapite cresce al tasso \hat{A} . Risolvendo la legge di accumulazione del capitale ponendo $\hat{k} = 0$ si ricava $\hat{A} = \frac{n\eta}{(1-\eta)}$.

In questo caso dunque l'innovazione è generata endogenamente come effetto collaterale dell'accumulazione di capitale; il tasso di crescita di steady state del reddito procapite è tuttavia esogeno perchè dipende solo dalla tecnologia e dalla crescita della popolazione. Di conseguenza non può essere influenzato dall'azione pubblica.

Uzawa (1965) considera il caso in cui l'innovazione è rappresentata dall'accumulazione di capitale umano e il livello tecnologico coincide con lo stock di capitale umano (H). Ogni lavoratore può dividere il suo tempo di lavoro tra produzione e accumulazione di capitale umano. Se viene ipotizzato che la produzione di capitale umano è omogenea di secondo grado nello stock di capitale umano e nella frazione di forza lavoro (u) che si dedica all'accumulazione di esso, si ha: $\dot{H} = \delta H u$, dove $\delta > 0$, e il punto sopra la variabile indica la derivata rispetto al tempo.

In tal caso, il tasso di crescita del reddito procapite ($\hat{A} \equiv \hat{H} = \delta u$) non solo è spiegato internamente al modello tramite l'idea del capitale umano, ma è anche endogeno nel senso che dipende dalle preferenze degli agenti tra lavoro e accumulazione di capitale umano. Un cambiamento di queste preferenze determina una variazione permanente nel tasso di crescita di steady state del reddito procapite. E' opportuno notare come questo risultato dipenda crucialmente dalla funzione di produzione adottata per H ; se \dot{H} fosse una qualsiasi funzione strettamente concava di H il modello non sarebbe in grado di generare crescita endogena. Di fatto, l'ipotesi della linearità in H è equivalente ad assumere $\eta = 1$ nel modello di Arrow. In tal caso, come emerge chiaramente dalla (3), non esiste un livello di steady state per il capitale in unità di efficienza lavoro. Il fatto che la produzione abbia rendimenti costanti nel capitale (la (1) mostra che $\eta = 1$ genera un modello AK) implica che non esistono limiti all'accumulazione e il tasso di crescita dipende pertanto dalla propensione al risparmio della collettività. La linearità nella produzione del fattore accumulabile (capitale fisico, umano o, come vedremo in seguito, 'idee') risulta una condizione necessaria per avere crescita endogena. Uzawa sviluppa il modello in termini del sentiero di accumulazione ottimale, ma identiche conclusioni sul tasso di crescita sono state derivate da Lucas (1988) come risultato di un equilibrio concorrenziale.

Shell (1966, 1967), Phelps (1966) e Nordhaus (1967) sono stati tra i primi a considerare il livello tecnico come un bene direttamente producibile tramite l'impiego di risorse. In modi diversi, le loro analisi derivano la quantità di risorse da dedicare alla ricerca per ottenere un sentiero di crescita ottimale. Specialmente in Shell (1966) emerge chiaramente come, al contrario del caso del capitale umano, l'estensione di questa analisi all'equilibrio concorrenziale non è possibile⁴. Data la natura di bene pubblico della conoscenza, un'economia di mercato non sarà in grado di produrre innovazioni perchè il loro prezzo competitivo è nullo. Da questo punto di vista, il contributo di Shell illustra chiaramente come il modello di crescita neoclassico di concorrenza perfetta richieda un ruolo diretto del settore pubblico nella promozione del livello tecnologico. I contributi pionieristici di Nordhaus (1969) e Shell (1973) mostrano invece che la produzione di innovazioni tramite il sistema di mercato richiede l'abbandono della concorrenza perfetta in favore del monopolio. Lungo questa via sono stati sviluppati i modelli di crescita endogena basati su ricerca e sviluppo.

4 I modelli R&D

4.1 La conoscenza come bene pubblico

Due caratteristiche definiscono un bene pubblico puro: la non rivalità e la non escludibilità.

⁴Il lettore esperto di crescita endogena potrà rimanere sorpreso da questa nostra affermazione. Il fondamentale articolo di Romer (1986) considera il caso in cui il livello tecnologico 'knowledge' è prodotto destinando risorse alla ricerca. La ricerca, così come il capitale e il lavoro, è remunerata in base alla sua produttività marginale; e il modello, ipotizzando un'esternalità dovuta alla natura di bene pubblico della conoscenza che rende la funzione di produzione lineare nel livello di ricerca, è in grado di generare crescita endogena. Tuttavia, come Romer stesso precisò in seguito (1994, p.15), questa soluzione non è corretta in quanto deve ipotizzare che la funzione di produzione della singola impresa abbia rendimenti costanti nei tre fattori capitale, lavoro e ricerca. Come abbiamo mostrato sopra, è necessario assumere da un punto di vista logico che la produzione abbia rendimenti costanti nei soli fattori capitale e lavoro.

La non rivalità richiede che il consumo del bene da parte di un'agente non riduca l'utilità che altri possano derivarne; la non escludibilità implica invece che chi non ha partecipato alla produzione del bene non possa esserne escluso dal consumo. La non escludibilità in particolare, genera l'esistenza di esternalità, cioè di benefici che non sono appropriabili da parte dei produttori. Questa caratteristica ne comporta la tendenza alla sottoproduzione rispetto alla quantità del bene che massimizza il benessere collettivo.

La conoscenza (o 'idee') ha senz'altro natura non rivale e in larga parte, in particolare per i risultati della ricerca di base, non escludibile. Una volta creata, una nuova idea può essere usata contemporaneamente da un numero qualsiasi di produttori senza che questo ne comprometta l'efficienza; allo stesso tempo l'innovatore avrà difficoltà ad impedire l'utilizzo della nuova idea a meno che tale diritto gli sia attribuito legalmente.

La non rivalità comporta rendimenti crescenti nella produzione del bene associato ad una determinata idea. La prima unità prodotta di un nuovo bene infatti, richiede che sia sviluppata una nuova idea con un determinato costo fisso. Le unità successive al contrario comporteranno solo il costo fisico di produzione potendo utilizzare il 'design' già esistente. In altre parole, esiste una non-convessità nell'insieme di produzione dei beni dovuta all'esistenza del costo fisso della creazione dell'idea associata ad ogni linea di produzione. Come è noto, nel caso di rendimenti crescenti di scala il costo marginale è inferiore al costo medio per cui la regola di concorrenza perfetta che uguaglia il prezzo al costo marginale comporta profitti negativi. Pertanto, lo sviluppo di un modello di crescita con produzione endogena di innovazioni richiede l'abbandono della concorrenza perfetta in favore del monopolio. E' chiaro che questo comporta un'inefficienza statica che, tuttavia, appare un male necessario per sostenere la crescita di lungo periodo in un'economia di mercato. La non-escludibilità dei risultati della ricerca richiede invece la protezione dei diritti di proprietà intellettuale per garantire l'incentivo all'innovazione. Lungo questa linea la teoria della crescita dei primi anni novanta ha stabilito il legame tra innovazione e monopolio. Come vedremo più tardi, la necessità di tale legame è stata fortemente messa in dubbio da alcuni recenti lavori di Michele Boldrin e David Levine.

4.2 L'innovazione orizzontale

I modelli di innovazione orizzontale, i cui primi contributi sono dovuti a Romer (1987, 1990) e Grossman e Helpman (1991), formalizzano l'innovazione tramite l'aumento del numero di varietà esistenti dei beni intermedi o dei beni di consumo. L'innovazione consiste nell'introduzione di un nuovo bene che ha la stessa produttività (o che fornisce lo stesso contributo all'utilità dei consumatori) dei beni esistenti e che ne è sostituito imperfetto. Tale struttura dovrebbe tradurre l'idea dei possibili guadagni di produttività derivanti dalla specializzazione o, nel caso dei beni di consumo, la preferenza per la varietà. Assumendo che l'innovazione avvenga a livello dei beni intermedi, la funzione di produzione del bene finale è:

$$Y = L^{1-\alpha} \sum_{j=1}^A x_j^\alpha, \quad 0 < \alpha < 1 \quad (4)$$

dove x_j è la quantità impiegata del bene intermedio di tipo j . La particolarità di questa

funzione è che il prodotto marginale di ogni bene intermedio j è indipendente da quello degli altri beni esistenti. Per questa via, la quantità di risorse (K) impiegata nella produzione dei beni intermedi è in grado di sfuggire alla legge dei rendimenti decrescenti nel caso in cui l'accumulazione di capitale sia distribuita lungo un numero crescente di beni intermedi, caso in cui il prodotto marginale di ogni bene rimarrebbe costante. Ipotizzando che la struttura della tecnologia dei beni intermedi sia simmetrica, risulta che $x_j = x$ e, sostituendo nella funzione di produzione:

$$Y = L^{1-\alpha} \sum_{j=1}^A (x)^\alpha = L^{1-\alpha} A(x)^\alpha = A^{1-\alpha} L^{1-\alpha} (Ax)^\alpha \quad (5)$$

da cui risulta che le risorse impiegate nella produzione dei beni intermedi (Ax) sono soggette a rendimenti decrescenti solo se il loro aumento è dovuto ad un aumento in x , ma non nel caso in cui aumenti A . Ipotizzando una tecnologia tale per cui un'unità di capitale produce un'unità di bene intermedio, $x = \frac{K}{A}$, otteniamo: $Y = A^{1-\alpha} L^{1-\alpha} K^\alpha$. In questa forma, è chiaro come l'aumento del numero di varietà di beni intermedi costituisce una forma di progresso tecnologico (Harrod neutrale).

L'economia descritta da questi modelli è costituita da tre settori: il settore del bene finale, il settore dei beni intermedi e il settore ricerca⁵. Nel primo le imprese operano in condizioni di concorrenza perfetta e decidono quanto produrre uguagliando il costo dei fattori al valore delle loro produttività marginali. I produttori dei beni intermedi sono invece monopolisti. L'acquisto di un brevetto su un'idea di un nuovo bene intermedio consente ad un'impresa di diventarne l'esclusivo produttore; pertanto è in grado di praticare un prezzo (p) che eccede il costo marginale (mc) di un mark-up dipendente da quanto i beni intermedi sono sostituibili tra loro. In particolare risulta $p = \frac{1}{\alpha} mc$; più alta è la sostituibilità tra i beni, maggiore è la competitività del settore e minore il mark-up. L'esistenza di profitti nel settore dei beni intermedi è necessaria per creare l'incentivo all'innovazione. Di fatto, l'attività di ricerca (che può essere intrapresa liberamente da ogni lavoratore) è stimolata dalla prospettiva di poter vendere il brevetto su un'idea ad un prezzo che sarà esattamente pari al valore atteso scontato dei profitti del settore monopolistico. Il modello viene risolto tramite una condizione di non arbitraggio per i lavoratori tra impiego nella produzione del bene finale e nel settore ricerca (si assume che il settore intermedio produca utilizzando solo capitale)⁶. Tale condizione risulta fondamentale per il decisore di politica economica. Tramite un sussidio alla ricerca infatti, è possibile abbassarne il costo e dunque aumentare il rendimento dell'impiego nel settore. Ne segue un aumento dell'occupazione nel settore

⁵Tale struttura dell'economia dipende dal fatto che abbiamo ipotizzato che l'innovazione avviene a livello dei beni intermedi. Analogamente, è possibile sviluppare questa classe di modelli assumendo l'aumento del numero di beni di consumo esistente. In tal caso, nell'economia esistono solo due settori: il settore ricerca e quello dei beni finali. L'economia a tre settori, ci sembra, rende più trasparente la descrizione del cambiamento tecnologico.

⁶Di fatto, in equilibrio non esistono profitti d'impresa nel modello. I profitti del settore monopolistico sono assorbiti dal costo di acquisto del brevetto. Le imprese di R&D a loro volta pagano ai lavoratori un salario che è esattamente pari al valore atteso di un'innovazione. *Ex-ante* i profitti sono nulli.

ricerca. La questione rilevante è se tale cambiamento nell'allocazione del lavoro comporta un effetto permanente sulla crescita dell'economia.

La risposta dipende dalle ipotesi sulla funzione di produzione delle idee. Una struttura flessibile per studiare varie ipotesi sulla tecnologia della conoscenza è stata proposta da Jones (1995). Ipotizziamo:

$$\dot{A} = \delta A^\varphi L_R \quad (6)$$

dove L_R è la quantità di lavoro impiegata nel settore ricerca e $\delta > 0$. La produttività dei lavoratori pertanto dipende dallo stock di ricerca esistente. Si può assumere che l'esternalità prodotta dalla ricerca passata sia negativa ($\varphi < 0$), in quanto le idee più semplici sono le prime ad essere scoperte (il cosiddetto 'fishing out'), o positiva ($\varphi > 0$) perchè il maggiore stock di conoscenza facilita l'ulteriore ricerca ('si costruisce sulle spalle dei giganti'). Il caso $\varphi = 0$ invece rappresenta una produttività costante e indipendente dallo stock di idee già esistenti. Per individuare le implicazioni sul tasso di crescita è utile dividere la (6) per A :

$\frac{\dot{A}}{A} = \frac{\delta L_R}{A^{1-\varphi}}$. Dato che in stato stazionario il tasso di crescita è costante, prendendo i logaritmi

e derivando rispetto al tempo otteniamo: $0 = \frac{\dot{L}_R}{L_R} - (1-\varphi)\frac{\dot{A}}{A}$, da cui:

$$\frac{\dot{A}}{A} = \frac{n}{(1-\varphi)}$$

E' evidente che, sia nel caso in cui l'esternalità è negativa sia positiva con $\varphi < 1$, un sussidio che faccia aumentare la quantità di lavoratori impiegati nella ricerca non influenza il tasso di crescita di equilibrio dell'economia. Al contrario, se $\varphi = 1$ risulta $\frac{\dot{A}}{A} = \delta L_R$. Un aumento dei ricercatori produce un proporzionale aumento sul tasso di crescita. E' questa l'ipotesi che permette ai modelli di R&D di ottenere crescita endogena. Come nel caso del modello AK o del capitale umano la linearità nel fattore di produzione accumulabile risulta cruciale.

Sulla base di tale modellistica due sono i compiti del decisore pubblico. In primo luogo è fondamentale la protezione dei diritti di proprietà intellettuale tramite il sistema di brevetti e copyright, altrimenti verrebbe meno l'incentivo ad innovare. Una volta garantita tale tutela, lo strumento del sussidio alla ricerca può essere utilizzato per modificare il tasso di crescita dell'economia da quello che produrrebbe l'equilibrio di mercato. In particolare, due elementi spingono in direzione di un sussidio positivo. Il primo è un'inefficienza dinamica dovuta al fatto che il ricercatore innova solo in prospettiva del suo rendimento privato; così facendo ignora il beneficio sociale che la sua ricerca produce contribuendo ad aumentare lo stock di idee esistenti (che, come abbiamo visto, entra linearmente nella tecnologia della conoscenza). Il secondo elemento, l'inefficienza statica, dipende dal fatto che il surplus del consumatore generato da un'innovazione non viene internalizzato da chi decide quanto lavoro impiegare nella ricerca. La quantità di ricerca generata dall'equilibrio di mercato è pertanto sempre minore di quella ottimale. Ciò non è più vero quando si introduca l'innovazione di tipo verticale.

4.3 L'innovazione verticale

L'innovazione verticale consiste nell'introduzione di beni della stessa tipologia dei beni esistenti ma di produttività o qualità superiore. I primi modelli (Anant, Dinopoulos e Segerstrom (1990), Grossman e Helpman (1991) ed Aghion e Howitt (1992)) assumono che il numero di varietà di beni esistente nell'economia è costante ma la produttività di ogni varietà può essere migliorata indefinitamente. Il bene introdotto mediante un'innovazione è un perfetto sostituto dei beni di qualità inferiore appartenenti alla stessa tipologia di bene; tale caratteristica introduce nel modello la possibilità che alcuni beni diventino obsoleti a causa del progresso tecnologico. Tale fenomeno, con particolare riferimento all'eliminazione delle rendite di monopolio dovuta all'innovazione, è noto in letteratura come 'distruzione creatrice' (Schumpeter, 1934).

Assumendo, come in precedenza, che l'innovazione avvenga nel settore dei beni intermedio, la tecnologia può essere rappresentata come:

$$Y = L^{1-\alpha} \sum_{j=1}^N (A_j x_j)^\alpha, \quad 0 < \alpha < 1. \quad (7)$$

In questo caso il numero di beni intermedi (N) è fisso e l'innovazione consiste nell'aumento del parametro A_j che esprime il livello della più avanzata tecnologia in ogni settore⁷. In particolare, $A_j = \lambda^{k_j}$ dove λ indica l'incremento di produttività dovuto ad ogni settore e k_j è il numero di innovazioni avvenuto nel settore j dall'inizio della storia.

La struttura dei modelli di innovazione verticale è fondamentalmente analoga a quella che caratterizza i modelli a innovazione orizzontale. L'economia è costituita alternativamente da due o tre settori a seconda che si ipotizzi che l'innovazione sia introdotta nel settore dei beni intermedi o finali. L'attività di ricerca è resa possibile dalla prospettiva di estrarre il flusso di profitti del settore monopolistico tramite la vendita dell'idea innovativa. Anche le considerazioni relative alla tecnologia della conoscenza rimangono inalterate: la possibilità di crescita endogena dipende dalla linearità della funzione di produzione delle idee.

La specificità dei modelli di innovazione verticale consiste nella natura temporanea delle posizioni di monopolio acquisite tramite l'innovazione. Data la perfetta sostituibilità tra beni appartenenti alla stessa varietà l'innovatore (che per ragioni tecniche non è mai il monopolista corrente⁸) diviene il nuovo monopolista del bene. Questo effetto condiziona le decisioni di investimento in ricerca e sviluppo. In particolare, la vita finita del monopolio viene presa in considerazione scontando il flusso di profitti atteso con la probabilità che

⁷Tale rappresentazione assume che vengano prodotti solo i beni che incorporano la tecnologia alla frontiera. Ciò risulta vero in equilibrio.

⁸La giustificazione del fatto che il monopolista corrente non fa attività di ricerca è nota come 'Arrow effect'. La logica consiste nel fatto che ogni innovazione elimina le rendite monopolistiche preesistenti in un settore, e pertanto la remunerazione derivante dall'innovazione per un'impresa esterna è superiore a quella del monopolista. Senza considerare che la logica di questa argomentazione è stata recentemente messa in discussione (Cozzi, 2004) l'assenza di ricerca da parte dei monopolisti esistenti è senz'altro in contrasto con l'evidenza empirica. Nella sezione successiva mostriamo come la rimozione di quest'ipotesi ha conseguenze rilevanti sulla relazione tra monopolio, concorrenza e innovazione.

un'ulteriore innovazione arrivi nel settore. Per questa via si instaura una relazione negativa tra ricerca presente e ricerca futura attesa.

La durata temporanea del monopolio va chiaramente nella direzione di generare una quantità di ricerca inferiore a quella ottimale. Il potenziale innovatore considera solo il flusso di profitti temporaneo come incentivo all'investimento in ricerca e sviluppo mentre il miglioramento del livello tecnologico ha un effetto permanente sul benessere sociale. In direzione contraria tuttavia, va il fatto che parte dell'incentivo all'innovazione consiste nelle rendite che l'innovatore sottrae al monopolista esistente. Da questo punto di vista l'incentivo privato alla ricerca è maggiore di quello sociale: i modelli di innovazione verticale, al contrario del caso orizzontale, possono generare un livello di ricerca eccessivo rispetto a quello ottimale. Quindi sussidiare il settore di ricerca e sviluppo non è sempre una politica ottimale. La possibilità di incentivare la ricerca dovrà essere valutata considerando la struttura dell'economia. Senza entrare nei dettagli è possibile dire che un sussidio alla ricerca migliorerà il benessere generale tanto più alta è la dimensione dell'innovazione (λ) e tanto minore il potere di monopolio.

5 Le politiche per la concorrenza nei modelli R&D

L'apparato teorico che abbiamo illustrato fino ad ora istituisce una relazione positiva tra monopolio e innovazione. Questo risultato contraddice il senso comune che attribuisce alla concorrenza un effetto positivo sulla crescita economica, opinione che, come si è visto, risale almeno fino all'intuizione di Smith che la concorrenza tra imprese impone loro la necessità di migliorare la produttività per mantenere le proprie quote di mercato. Quale approccio vada preferito è in larga parte una questione empirica. Poco dopo che Schumpeter (1934, 1939) suggerì il legame tra monopolio e innovazione si è sviluppata una vasta letteratura empirica sulla relazione tra innovazione e dimensione dell'impresa (cfr. Cohen e Levin (1989) per una rassegna). In generale, tale relazione risultava positiva e in questo senso l'intuizione schumpeteriana confermata. Questi risultati sono stati tuttavia messi in discussione negli anni novanta con l'utilizzo di più sofisticate tecniche econometriche e indicatori del grado di competitività dei mercati, quali indici di concentrazione e quote di mercato, più accurati rispetto alla dimensione delle imprese. In particolare, sia le stime panel di Nickell (1996) che quelle di Blundell, Griffith e Van Reenen (1999) ottengono un effetto positivo della concorrenza sull'innovazione.

In questa sezione mostriamo come i più recenti sviluppi della teoria della crescita basata su ricerca e sviluppo cerchino di risolvere il conflitto tra monopolio e concorrenza e, così facendo, riconcilino la teoria stessa con l'evidenza empirica sul rapporto tra concorrenza e innovazione.

5.1 Rendite post e pre-innovazione

I risultati che abbiamo derivato per i modelli di crescita endogena sono basati su modelli di organizzazione industriale, come Dixit e Stiglitz (1977), in cui il mercato è occupato da un singolo monopolista e la ricerca avviene solo dall'esterno nel tentativo di soppiantarlo. In tale contesto, le uniche rendite rilevanti per l'incentivo all'innovazione sono quelle che conseguono al monopolista dopo che questi introduce un'innovazione. Poiché queste rendite sono una funzione inversa della competitività del mercato la relazione tra

concorrenza e ricerca è inequivocabilmente negativa.

Tuttavia, utilizzando modelli che prevedono la possibilità di strutture industriali più complesse (cfr. ad esempio Tirole (1988, Cap. 8 e 10)), è possibile ottenere risultati diversi. Consideriamo ad esempio un mercato in cui il monopolista sia minacciato da un potenziale entrante. L'entrante, se produce un'innovazione, conquista metà del mercato e condivide col precedente monopolista i profitti di duopolio (π^d); il monopolista può mantenere i suoi profitti di monopolio (π^m) innovando a sua volta. In questo contesto, un aumento generale del grado di competitività del mercato produce una riduzione sia di π^m che di π^d . Per questa via l'incentivo ad innovare per il potenziale entrante (π^d) si riduce inequivocabilmente; tuttavia, l'incentivo all'innovazione per il monopolista potrebbe aumentare se la diminuzione di π^m è tale che $\pi^m - \pi^d$ aumenta. $\pi^m - \pi^d$ rappresenta infatti l'ammontare di rendite che verrebbero perse dal monopolista in caso perda la sua posizione di monopolio. Più tale ammontare è alto, maggiore è l'incentivo ad innovare per 'sfuggire la concorrenza'. Una volta presa in considerazione sia la rendita post-innovazione (π^m) sia la rendita pre-innovazione (π^d), la relazione tra concorrenza e innovazione diviene pertanto più complessa. Di più, dato che la tutela dei diritti di proprietà tende ad aumentare le rendite post-innovazione mentre le politiche per la concorrenza riducono le rendite pre-innovazione, i due strumenti di politica economica che sembravano in conflitto risultano adesso complementari.

5.2 La distanza dalla frontiera tecnologica e la relazione tra concorrenza e innovazione

La recente letteratura neo-schumpeteriana (cfr. Acemoglu, Aghion e Zilibotti (2003), Aghion, Bloom, Blundell, Griffith e Howitt (2005), Aghion, Harris e Vickers (1997), Aghion, Harris, Howitt e Vickers (2001), Aghion, Howitt and Mayer-Foulkes (2005)), ha adottato la nozione di distanza dalla frontiera tecnologica per valutare l'opportunità di politiche alternative per l'innovazione. L'idea fondamentale è che la frontiera tecnologica mondiale cresce esogenamente ad un dato tasso esogeno:

$$\bar{A}_t = \lambda \bar{A}_{t-1}.$$

In ogni paese l'innovazione può prendere due forme: o consiste nel miglioramento della tecnologia esistente prima di essa e dunque in un avanzamento della frontiera tecnologica (leapfrogging), o è costituita dall'adozione della frontiera tecnologica esistente. Per questa via si può calcolare il cambiamento tecnologico di un paese come:

$$A_t - A_{t-1} = \mu_n(\lambda - 1)A_t + \mu_m(\bar{A}_t - A_t)$$

dove μ_n e μ_m indicano la frequenza delle innovazioni leapfrogging e delle innovazioni che colmano la distanza dalla frontiera. Questa relazione illustra chiaramente l'idea di 'vantaggio dell'arretratezza' proposta da Gerschenkron (1962): maggiore la distanza dalla frontiera, maggiore la possibilità di crescita dovuta alla semplice adozione di tecniche produttive già esistenti. Inoltre, l'esistenza dei due diversi tipi di innovazione, qualora diverse siano le istituzioni che favoriscono l'uno o l'altro tipo di innovazione, apre la possibilità di differenziare la strategia di crescita in funzione della distanza dalla frontiera. Il risultato generale di questa letteratura è che le politiche per la concorrenza risultano

particolarmente indicate per i paesi sulla frontiera tecnologica mentre il vantaggio dell'arretratezza può essere sfruttato tramite il monopolio. Nei prossimi paragrafi analizziamo questa questione con riferimento alla concorrenza tra imprese esistenti e alla concorrenza potenziale.

5.3 La concorrenza tra imprese esistenti

Consideriamo l'economia di un paese in cui la tecnologia si sviluppa tramite l'innovazione verticale nel settore dei beni intermedi:

$$Y_t = \int_i A_{it}^{1-\alpha} x_{it}^\alpha di.$$

In ogni settore, l'impresa detentrica della tecnologia più avanzata (non necessariamente la stessa della frontiera mondiale) fronteggia la concorrenza di un insieme di imprese (imitatori) che possono produrre lo stesso tipo di bene intermedio ma ad un costo unitario maggiore. L'ipotesi cruciale di questi modelli è che le imprese possono imitare solo i beni che sono un livello sotto la frontiera tecnologica.

In questo contesto consideriamo due tipi di imprese produttrici dei beni intermedi: quelle che partono al livello della frontiera tecnologica e quelle che partono a un livello inferiore. Un aumento della competitività del settore (misurato tramite una riduzione del costo dell'imitazione) riduce i profitti di equilibrio delle imprese del settore intermedio. Le imprese che partono sotto la frontiera non possono sfuggire la concorrenza sia che innovino sia che non innovino. Pertanto l'effetto dell'aumentata competitività sull'innovazione è inequivocabilmente negativo. Al contrario le imprese che all'inizio di ogni periodo partono dal livello tecnologico della frontiera possono mantenersi al riparo della concorrenza tramite un'ulteriore innovazione. In questo caso l'aumento della competitività del mercato riduce le rendite pre-innovazione ma lascia inalterate le rendite post-innovazione in quanto, tramite l'innovazione, l'impresa mantiene una posizione di monopolio incondizionato. La maggiore competitività crea un incentivo a sfuggire la concorrenza tramite l'innovazione che si traduce in un incremento degli investimenti in ricerca e sviluppo.

5.4 Facilità d'ingresso e concorrenza potenziale

Un ulteriore aspetto della concorrenza è costituito dalla facilità di ingresso in un mercato. Il grado di accessibilità di un mercato è rilevante non solo per l'innovazione che di fatto viene introdotta dagli entranti ma anche per l'influenza che la minaccia di ingresso produce sulle decisioni di innovazione delle imprese già esistenti. Mantenendo inalterata la struttura del paragrafo precedente assumiamo che il potenziale entrante abbia accesso alla frontiera della tecnologia (il che è plausibile se consideriamo la possibilità di apertura di un mercato alla concorrenza internazionale). L'entrante occupa il mercato se dotato di una produttività maggiore delle imprese esistenti, altrimenti, se ne ha la stessa produttività, si assume che interagisca con le imprese esistenti secondo la concorrenza *a la Bertrand* ed ottenga pertanto profitti nulli. Di conseguenza, un'impresa che riesca ad ottenere la produttività della frontiera in un dato periodo è libera dalla minaccia di ingresso in quanto il mercato non è profittevole per il potenziale entrante; se invece la sua produttività è inferiore alla

frontiera si assume che un entrante occupi il mercato con probabilità p . L'effetto di una politica per l'innovazione può essere rappresentato come un aumento di p . L'aumento di p scoraggia un'impresa lontana dalla frontiera dall'investimento in ricerca: infatti, anche nel caso innovasse un entrante sarebbe comunque in grado di sottrarle l'intero mercato. Al contrario, per un'impresa sulla frontiera l'aumentata minaccia di ingresso agisce da stimolo per investire in ricerca in quanto l'innovazione è il modo per l'impresa esistente di evitare l'ingresso.

5.5 Il caso dell'Europa

Nei due precedenti paragrafi si è visto come la concorrenza, sia effettiva che potenziale, sia in grado di favorire l'innovazione tanto più un paese si trova vicino alla frontiera tecnologica. Questo punto di vista è stato adottato per interpretare l'esperienza europea del secondo dopoguerra (cfr. Aghion e Griffith (2005) e Aghion e Howitt (2005)). Viene spesso osservato che il grado di concorrenza cui sono soggette le imprese europee è minore di quello delle imprese americane; immediatamente dopo la fine della guerra la scarsa concorrenza avrebbe permesso alle imprese europee di colmare la distanza tecnologica con la frontiera. Quando tuttavia i `vantaggi dell'arretratezza' si sono andati esaurendo la capacità innovativa delle imprese europee sarebbe stata danneggiata dall'ambiente poco competitivo. Da questo punto di vista, la particolare attenzione alle politiche per la concorrenza da parte della commissione europea sembra complementare piuttosto che conflittuale rispetto alla rinnovata attenzione per gli investimenti in ricerca elaborata nella strategia di Lisbona.

5.6 Concorrenza perfetta e innovazione

Nel paragrafo precedente abbiamo richiamato alcuni recenti sviluppi teorici che, nel tentativo di riconciliare la teoria della crescita endogena basata sul progresso tecnico con l'evidenza empirica, analizzano la relazione tra grado di competitività del mercato e processo innovativo. Tali sviluppi tuttavia si collocano in un quadro teorico di riferimento unitario che non ammette deroghe al fondamentale principio per cui l'innovazione tecnologica sia intrinsecamente connessa ad un certo grado di potere monopolistico. Gli extra-profitti sono infatti la condizione necessaria per indurre investimenti positivi in R&S e, data la natura non rivale delle idee, essi devono essere garantiti da una qualche forma di tutela dei diritti di proprietà intellettuale. In tali modelli dunque concorrenza perfetta e investimenti in R&S sono incompatibili. Ragioni soprattutto analitiche hanno pertanto fatto in modo che la concorrenza imperfetta sia diventata nel tempo un elemento essenziale della teoria della crescita in generale e dell'innovazione in particolare.

Recentemente, alcuni contributi teorici hanno cercato di riconciliare la visione del processo innovativo indotto da investimenti in R&S con l'ipotesi tradizionale di concorrenza perfetta. Nei paragrafi precedenti abbiamo mostrato che l'adozione della concorrenza imperfetta è dovuta al problema del finanziamento dell'innovazione. Si è visto come la struttura di mercato monopolistica sia in grado di generare gli extra-profitti necessari per incentivare l'attività di ricerca. Tuttavia, ipotesi sulla tecnologia delle imprese e sui costi di diffusione delle idee sono ugualmente in grado di produrre le rendite necessarie per finanziare gli

investimenti in ricerca e sviluppo in condizioni di concorrenza perfetta.

E' noto che l'esistenza di rendimenti decrescenti genera extra-profitti. Di fatto, una serie di contributi (Hellwig e Irmen (2001), Irmen (2001), Funk (2002) e Bester e Petrakis (2003)) ha utilizzato la stretta convessità degli insiemi di produzione come mezzo per finanziare la spesa in ricerca. Nel paragrafo 2 abbiamo sottolineato l'esigenza logica dei rendimenti di scala costanti. Questi autori sottolineano tuttavia la possibilità di conciliare rendimenti decrescenti a livello d'impresa e rendimenti costanti a livello industriale, purchè sia possibile replicare indefinitamente le tecnologie individuali. In tal modo l'eccesso dei ricavi sui costi di produzione genera un profitto che può essere utilizzato per finanziare la ricerca, la quale a sua volta aumentando la produttività del lavoro contribuisce all'incremento di queste rendite. Come di consueto, l'equilibrio viene trovato al margine dove il ricavo addizionale derivante dalla spesa in innovazione e capacità produttiva è bilanciato dai relativi costi; l'ipotesi fondamentale che permette di trovare l'equilibrio dell'impresa è che anche la tecnologia delle idee sia strettamente convessa. Dopo un periodo, l'innovazione introdotta diviene bene pubblico e può essere usata senza costo addizionale sia per la produzione del bene finale che come punto di partenza da cui sviluppare ulteriormente la tecnologia esistente. Quest'ultimo aspetto, come nella letteratura della crescita endogena analizzata in precedenza, costituisce lo *spillover* intertemporale in grado di sostenere nel tempo la crescita del reddito procapite. Questa esternalità è l'unica distorsione dell'equilibrio concorrenziale rispetto al benessere ottimo raggiungibile tramite l'azione di un pianificatore; pertanto, dato che l'effetto positivo sulla ricerca futura non viene preso in considerazione dalle imprese che innovano, il tasso di innovazione di equilibrio è basso rispetto a quello ottimale. Dal punto di vista prescrittivo la conclusione è che un sussidio alla ricerca è, al contrario del caso in cui la struttura di mercato sia monopolistica, inequivocabilmente in grado di migliorare il benessere sociale.

Boldrin e Levine (2002) utilizzano l'idea di costi di trasferimento per riconciliare concorrenza perfetta e innovazione. Questi autori mettono in dubbio il fatto che, una volta che una nuova idea sia stata inventata ed incorporata in un nuovo prodotto, essa possa essere 'copiata' istantaneamente e senza costi da tutti i potenziali concorrenti: il trasferimento della tecnologia dall'impresa che ha introdotto per prima l'innovazione alle altre è infatti un processo che impone costi e tempi, variabili a seconda delle circostanze, ma in ogni caso non nulli. Il fatto poi che, nella maggior parte dei casi, il costo di trasferire un'idea sia solo una frazione del costo di 'scoprirla' è una 'caratteristica tecnologica' importante del processo innovativo (e che va dunque accuratamente modellizzata), ma che comunque non giustifica l'ipotesi estrema che tale trasferimento sia immediato ed a costo zero. Tali costi di trasferimento reintroducono la possibilità che esistano *rendite concorrenziali*, certamente temporanee, ma potenzialmente tali da indurre investimenti positivi in R&S. Se questo è vero, non è affatto detto che la tutela dei diritti di proprietà intellettuale sia l'unica via per promuovere il processo innovativo. Dal momento che concorrenza perfetta e innovazione non sono affatto incompatibili, la creazione di 'monopoli intellettuali' non è più una necessità ma piuttosto un'opportunità da valutare 'caso per caso', ossia tenendo conto delle perdite associate ai regimi di monopolio, nonché dell'eventualità che le caratteristiche tecnologiche del settore siano tali che le basse rendite concorrenziali attese non giustifichino investimenti positivi in R&S. Quello che è certo comunque è che mercati perfettamente concorrenziali, privi di tutela legale sulle

innovazioni, non sono affatto destinati ad una stagnazione permanente ma possono, in linea di principio, sperimentare tassi di innovazione più elevati di quanto non farebbero in condizioni di `monopolio intellettuale'.

Di fatto, la letteratura teorica esistente non permette di risolvere la controversia monopolio-concorrenza e sulla dimensione ottima dell'impresa, in quanto fornisce strutture analitiche in grado di descrivere il processo innovativo in entrambi i casi. La preferenza verso l'una o l'altra forma di mercato sembra pertanto vada risolta sul fronte empirico, con la consapevolezza che i risultati possono variare a seconda della struttura della particolare industria in esame e del contesto economico generale (sistema paese) in cui questa è collocata.

Bibliografia

- Acemoglu, D., P. Aghion and F. Zilibotti (2003). Distance to Frontier, Selection, and Economic Growth. Working paper, MIT, Harvard, and IIES.
- Aghion, P. and P. Howitt (1992). A Model of Growth Through Creative Destruction, *Econometrica*, 60, 323-351.
- Aghion, P., C. Harris and J. Vickers (1997). Competition and Growth with Step-by-Step Innovation: An Example, *European Economic Review*, 41, 771-782.
- Aghion, P., P. Howitt, C. Harris and J. Vickers (2001). Competition, Imitation, and Growth with Step-by-Step Innovation, *Review of Economic Studies*, 28, 467-492.
- Aghion, P., N. Bloom, R. Blundell, R. Griffith and P. Howitt (2005). Competition and innovation: an inverted U relationship. *Quarterly Journal of Economics*, 120 (2), 701-728.
- Aghion, P., P. Howitt and Mayer-Foulkes, D. (2005). The Effect of Financial Development on Convergence: Theory and Evidence. *The Quarterly Journal of Economics*, 120(1), 173-222.
- Anant, T.C.A., E. Dinopoulos and P. Segerstrom (1990). A Schumpeterian Model of the Product Life Cycle, *American Economic Review*, 1077-1091.
- Arrow, K.J. (1962). The economic Implications of Learning by Doing. *Review of Economic Studies*, 29, 155-173.
- Bester, H. e E. Petrakis (2003). Wages and Productivity Growth in a Competitive Industry, *Journal of Economic Theory*, 109, 52-69.
- Boldrin, M and K. Levine (2002). Perfectly Competitive Innovation. CEPR Discussion Paper 3274.
- Blundell, R., R. Griffith and J. Van Reenen (1999). Market Share, Market Value and Innovation in a Panel of British Manufacturing Firms. *Review of Economic Studies*, 66(3), 529-54.
- Cohen, W. and R. Levine (1989). Empirical Studies of Innovation and Market Structure in R. Schmalensee and R. Willig, eds., *Handbook of Industrial Organization*, Vol. 2. Elsevier Science, Amsterdam: Elsevier Science.
- Dixit, A. and Stiglitz, J.E. (1977). Monopolistic Competition and Optimal Product Diversity, *American Economic Review*, 67(3), 297-308.
- Cozzi, G. (2007). Arrow's Effect under Perfectly Competitive R&D, *The B.E. Journal of Macroeconomics*, Vol. 7: Iss. 1 (Contributions), Article 2.
- Domar, E. D. (1946). Capital Expansion, Rate of Growth and Employment, *Econometrica*, 14.
- Funk, P. (2002). Induced Innovation Revisited, *Economica*, 69, 155-171.
- Gerschenkron, A. (1962). Economic Backwardness in Historical Perspective. A Book of Essays. Cambridge: Harvard University Press.
- Grossman, G.M. and E. Helpman (1991). Quality Ladders in the Theory of Growth, *Review of Economic Studies*, 58, 43-61.
- Harrod, R. F. (1939). An Essay in Dynamic Theory, *Economic Journal* Vol. XLIX, March.
- Hellwig, M. e A. Irmen (2001). Endogenous Technical Change in a Competitive Economy, *Journal of Economic Theory*, 101, 1-39.
- Irmen, A. (2001) Capital Accumulation, Factor Prices, and Endogenous Labor-Saving Technical Change, CEPR working paper.
- Jones, C.I. (1995). Time Series Tests of Endogeneous Growth Models, *Quarterly Journal*

- of Economics*, 110, 495-525.
- Lucas, R. (1988). On the Mechanism of Economic Development. *Journal of Monetary Economics*, 22 (1), 3-42.
- Nickell, S. (1996). Competition and Corporate Performance, *Journal of Political Economy*, 104, 724-746.
- Nordhaus, W.D. (1969). An Economic Theory of Technological Change, *American Economic Review*, 59(2), 18-28.
- Phelps, E. S. (1966). Models of Technical Progress and the Golden Rule of Research *Review of Economic Studies*, 33.
- Romer, P. (1986). Increasing returns and Long Run Growth. *Journal of Political Economy*, 94(5), 1002-1037.
- Romer, P. (1987). Growth Based on Increasing Returns Due to Specialization, *The American Economic Review Papers and Proc.*, 77, May.
- Romer, P.M. (1990a), Are Nonconvexities Important for Understanding Growth?, *The American Economic Review*, 80(2).
- Romer, P.M. (1990b). Endogenous technological change, *Journal of Political Economy*, 98(5), S71-S102.
- Romer, P.M. (1994). The Origins of Endogenous Growth, *Journal of Economic Perspectives*, 8(1), Winter.
- Schumpeter, J.A. (1934). *The Theory of Economic Development*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- Schumpeter, J.A. (1939). *Business Cycles. A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process*. New York: Mc Graw Hill.
- Segerstrom, P.S. (1998). Endogenous Growth without Scale Effect, *American Economic Review*, 88, 1290-1310.
- Shell, K. (1966), Toward a Theory of Inventive Activity and Capital Accumulation. *American Economic Review, Papers and Proceedings*, 56 (2), 62-68.
- Shell, K. (1967). A Model of Inventive Activity and Capital Accumulation in *Essays on the Theory of Optimal Economic Growth* (K. Shell, ed.), Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1967, Chapter IV, 67-85.
- Shell, K. (1973), Inventive Activity, Industrial Organisation and Economic Growth, in *Models of Economic Growth*, eds. Mirlees, J.A.-Stern, N.H., MacMillan, pp.77-96.
- Smith, A. 1976. An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations, (prima ed. 1776) General Editors R.H. Campbell e A.S. Skinner, Oxford: Clarendon Press.
- Solow, R. M. (1956). A Contribution to the Theory of economic Growth. *Quarterly Journal of Economics*, 70, 65-94.
- Solow, R. M. (1957). Technical Change and The Aggregate Production Function, *Review of Economics and Statistics*, Vol. 39, August.
- Solow, R. M. (1960). Investment and Technical Progress, in *Mathematical Methods in the Social Sciences*, ed. K.J. Arrow, S. Karlin, e P. Suppes, Stanford: Stanford University Press.
- Swan, T.W. (1956). Economic Growth and Capital Accumulation. *Economic Records*, 32, 334-361.
- Tirole, J (1988). *The Theory of Industrial Organization*. The MIT Press, Cambridge, MA.
- Uzawa, H. (1965). Optimum Technical Change in an Aggregative Model of Economic Growth, *International Economic Review*, 6 (1), January.
- Young, A. (1928). Increasing Returns and Economic Progress. *The Economic Journal*, 38,

527-42.