



Munich Personal RePEc Archive

**Economic growth, knowledge and human capital. Theories and models of endogenous growth by Paul Romer and Robert Lucas.**

Schilirò, Daniele

DESMAS

September 2006

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/52435/>  
MPRA Paper No. 52435, posted 23 Dec 2013 18:12 UTC



**Daniele Schilirò**

**DESMAS**

**Università degli Studi di Messina**

**Crescita economica, conoscenza e capitale umano.**

**Le teorie e i modelli di crescita endogena di Paul Romer e Robert Lucas**

**Settembre 2006**

## **Abstract**

In this paper I will examine the growth models of Romer (1986) and Lucas (1988) which constitute an important first core to the endogenous growth theory, in order to understand the characteristics, to highlight the relationship between knowledge and economic growth and / or emphasize the importance of human capital in the growth process. These models take account of technological change, the accumulation of knowledge and externalities. At the same time they highlight the existence of a divergence in long-term equilibrium among the different economic systems.

**Keywords:** endogenous growth; knowledge; human capital; externalities.

**JEL Classification:** O30, O41, D62, D83, E24, I20.

## **Introduzione**

Una domanda che gli economisti spesso si pongono è perché le fortune economiche dei paesi cambiano nel tempo? Come mai paesi con economie poco sviluppate nel lontano e recente passato lontano hanno manifestato una grande capacità di crescita e sono divenuti leader a livello mondiale? Una prima e fondamentale considerazione in proposito riguarda il fatto che la dinamica delle economie industriali moderne risulta sempre più caratterizzata da rapide trasformazioni nelle conoscenze tecnologiche che tendono a modificare la loro struttura. Le conoscenze scientifiche e tecnologiche e, più in generale, i fattori immateriali influenzano in maniera significativa la crescita determinando allo stesso tempo un complesso processo di mutamento strutturale dei sistemi produttivi (Schilirò, 2005, 2006). Inoltre, la crescente interdipendenza fra le economie rafforzata dai processi di globalizzazione (Schilirò, 2003), il ruolo sempre più pervasivo della conoscenza scientifica e tecnologica nei processi di produzione, l'importanza cruciale del capitale umano unita alla incapacità dei modelli tradizionali di crescita di spiegare i dati storici di lungo periodo del reddito pro-capite dei paesi e la mancata convergenza fra paesi, hanno condotto gli economisti a sviluppare nuovi modelli in grado di spiegare meglio i dati della crescita, basandosi essenzialmente su ipotesi che in qualche modo endogenizzano il cambiamento tecnologico.

E' noto che la teoria della crescita neoclassica ha avuto come punto di riferimento il modello aggregato di crescita di Solow (1956). Le ipotesi principali di tale modelli sono la presenza di rendimenti marginali decrescenti; la convergenza fra le economie con le medesime condizioni iniziali; un tasso di crescita di lungo periodo nullo, o comunque corrispondente ad un tasso d'incremento esogeno del progresso tecnico. In tale modello le differenze nei livelli di reddito tra paesi venivano attribuite ai differenti tassi di risparmio.

Le ipotesi e i risultati del modello di Solow e dei modelli aggregati di crescita con caratteristiche simili non sono però in grado di spiegare in modo soddisfacente i fenomeni reali riguardanti la crescita dei paesi, in quanto non tengono conto al loro interno del progresso tecnologico, hanno determinato una crescente insoddisfazione fra gli studiosi della crescita.

In questo lavoro mi limiterò ad esaminare i modelli di crescita di Romer (1986) e di Lucas (1988) che costituiscono un primo importante nucleo alla teoria della crescita endogena, per capirne le caratteristiche, per evidenziare la relazione fra conoscenza e crescita economica e/o sottolineare la rilevanza del capitale umano nel processo di crescita. Questi modelli tengono conto del cambiamento tecnologico, dell'accumulazione di conoscenza e delle esternalità. Allo stesso tempo mettono in evidenza l'esistenza di una divergenza nell'equilibrio di lungo periodo fra i diversi sistemi economici.

### **1. Conoscenza e teorie della crescita endogena**

La teoria della crescita endogena individua diversi fattori in grado di produrre nell'economia un tasso di crescita positivo di lungo periodo (Arrow, 1962; Romer, 1986, 1990, 1994; Lucas, 1988, Grossman, Helpman, 1991; Aghion, Howitt, 1992). In particolare, una prima categoria di modelli, sui quali intendo soffermarmi, individua nell'aumento generalizzato della conoscenza il motore principale della crescita economica. In generale, la conoscenza può essere individuata in alcuni casi come accumulazione di conoscenza scientifica e tecnologica o di esperienza generata come

sottoprodotto non intenzionale dell'attività produttiva delle imprese; in altri casi può essere rappresentata in veste di capitale umano, ossia di istruzione o apprendimento personale.

Dagli anni '80 in avanti si sviluppano delle teorie della crescita che propongono un ripensamento della teoria tradizionale, il contributo di Paul Romer (1986) in particolare ha fatto da *seminal paper*. Esso sottolinea la capacità di generare crescita endogena attraverso la conoscenza che si sviluppa nel sistema economico e che ha delle ricadute positive in termini di produttività e, quindi, di crescita del prodotto pro-capite.

Kenneth Arrow nel suo articolo "The Economic Implications of Learning by Doing" del 1962 sosteneva già come la crescita ottenibile da un incremento della produttività del lavoro possa essere ricondotta all'accumulazione di esperienza, e, attraverso un'estensione dinamica delle economie esterne sviluppata originariamente da Marshall, vedeva nel capitale e nella sua accumulazione una fonte di esternalità positiva per la crescita. Romer invece individua non nel capitale bensì nella conoscenza questa fonte di esternalità positiva. In Romer – come sarà spiegato in modo più dettagliato nel paragrafo successivo – un'impresa che opera in condizioni di concorrenza perfetta e che accumula conoscenza privata contribuisce in modo involontario all'aumento della conoscenza pubblica, che a sua volta fa aumentare la produttività di tutto il sistema economico.

Ma quello di Romer non è l'unico contributo alla "prima ondata" della crescita endogena (Helpman, 2004), vi infatti anche la teoria della crescita di Robert Lucas (1988) nella quale si fa parimenti ricorso alle esternalità, ma, a differenza di Arrow e ancor più di Romer, esse vengono introdotte attraverso il capitale umano.

## **2. Il Modello di crescita endogena di Paul Romer**

Adottando una visione di lungo periodo per meglio comprendere l'impatto della tecnologia sulla crescita, Simon Kuznets (1996) e, successivamente, studiosi come Nathan Rosenberg (1982) e Joel Mokyr (2002) hanno individuato nel cambiamento tecnologico la principale fonte della crescita economica nei paesi industrializzati. Lo stesso Robert Solow nel suo modello di crescita (esogena) del 1956 aveva originariamente individuato nel cambiamento tecnologico una determinante fondamentale della produttività totale dei fattori (PTF). Tuttavia il modello di Solow non spiega il cambiamento tecnologico, ma insistendo sull'accumulazione di capitale e sulla sua produttività decrescente non offre una spiegazione convincente dei dati storici relativi alla crescita, che appaiono non evidenziare nel lungo periodo alcuna tendenza alla diminuzione. Paul Romer con la sua teoria della crescita endogena contenuta nell'articolo "Increasing Returns and Long-Run Growth" del 1986 parte da questa constatazione e sviluppa un modello alternativo a quello di Solow, pur non citandolo, e alla tradizione dei modelli aggregati di crescita di lungo periodo come quelli sviluppati da Ramsey (1928), Cass (1965) e Koopmans (1965). Il modello di Romer è un modello di equilibrio concorrenziale con mutamento tecnologico endogeno in cui si assume che la conoscenza sia un fattore produttivo nella funzione di produzione, ovvero la conoscenza è anch'essa un bene capitale con un prodotto marginale crescente. In questo modello di crescita endogena l'output pro-capite può crescere senza limiti, possibilmente ad un tasso che è monotonicamente crescente nel tempo. Il tasso di rendimento sul capitale può crescere piuttosto che decrescere con gli incrementi nello stock di capitale. In questo modello si assume inoltre che le preferenze e la tecnologia sono stazionarie e identiche (fra paesi). Anche la dimensione della popolazione è considerata costante. Un risultato implicito in questo modello è che, a differenza del modello di

Solow, il livello dell'output pro-capite nei diversi paesi non converge necessariamente; inoltre, la crescita può essere più lenta in modo persistente nei paesi meno sviluppati o addirittura può non avvenire del tutto. Ciò che è cruciale perché si verifichino questi risultati è l'abbandono della usuale ipotesi di rendimenti decrescenti (Romer, 1986, p.1003).

Quindi il modello proposto da Romer può essere visto come un modello di equilibrio di cambiamento tecnologico endogeno in cui la crescita di lungo periodo viene trainata principalmente dalla accumulazione di conoscenza da parte di agenti che massimizzano il profitto e che sono lungimiranti (*forward-looking*). Inoltre, in esso si assume che la nuova conoscenza prodotta dalle imprese è il prodotto della ricerca tecnologica che presenta rendimenti decrescenti. Vieppiù, l'investimento in conoscenza comporta un'esternalità naturale. La creazione di nuova conoscenza da parte di un'impresa si assume abbia un effetto positivo esterno sulle possibilità di produzione delle altre imprese, in quanto la conoscenza è un *asset* immateriale che può circolare con facilità e che non può essere perfettamente brevettata o tenuta segreta. Ma ciò che è più importante è che la produzione di beni di consumo, essendo il risultato di una funzione dello stock di conoscenza e di altri fattori produttivi, presenta rendimenti crescenti; ovvero nel modello la conoscenza può avere un prodotto marginale crescente. In sostanza in questo modello di Romer le imprese innovative mirano a inventare nuovi prodotti, il che genera profitti e un ulteriore incentivo all'innovazione. Esse però creano in modo non intenzionale anche una conoscenza che non è incorporata nei prototipi e che non può essere conservata come segreto commerciale. Tale conoscenza diventa disponibile anche alle altre imprese, riducendo i costi di R&S per tutti. In tali circostanze, lo stock di conoscenza disponibile alle imprese innovative è funzione dell'impegno passato nell'attività di R&S: quanta più R&S è stata svolta in passato tanto maggiore sarà lo stock e tanto più economico sarà eseguire l'attività di R&S oggi (Helpman, 2004). Gli *spillovers* della R&S ne riducono di conseguenza i costi nel tempo.

Quindi in tale modello di crescita endogena la conoscenza può crescere senza limiti. Un'implicazione fondamentale di questa crescita senza limiti della conoscenza è che bisogna continuamente intraprendere nuova ricerca ed accrescere la conoscenza, anche se tutti gli altri fattori produttivi sono tenuti costanti; infatti non risulterà ottimale fermarsi a un qualche livello di stato stazionario dove la conoscenza viene mantenuta costante e non viene intrapresa alcuna nuova ricerca.

Gli elementi principali che caratterizzano il modello di Romer (1986) sono pertanto: le esternalità, i rendimenti crescenti nella produzione dell'output, e i rendimenti decrescenti nella produzione di nuova conoscenza. Tali elementi si combinano per produrre un modello di equilibrio competitivo di crescita. Malgrado la presenza di rendimenti crescenti, un equilibrio con esternalità esisterà. Questo equilibrio però – avverte Romer – non è Pareto ottimale, ma è il prodotto di un modello positivo a comportamento regolare (*well-behaved*) ed è in grado di spiegare la crescita in termini storici in assenza di intervento governativo. La presenza delle esternalità è essenziale per l'esistenza di un equilibrio. I rendimenti decrescenti nella produzione di conoscenza sono richiesti per assicurare che il consumo e l'utilità non crescano troppo velocemente. Ma la caratteristica chiave per ottenere un'inversione dei risultati che normalmente si ottenevano nei modelli di crescita è l'ipotesi di produttività marginale crescente della conoscenza in quanto bene capitale intangibile.

Infine, secondo tale modello di Romer, le economie che registrano i tassi di risparmio maggiori crescono più velocemente poiché allocano endogenamente più risorse alle attività inventive. Romer

così prevede, a differenza di Solow (1956) un collegamento tra allocazione di risorse e crescita della produttività<sup>1</sup>.

### **3. Il ruolo del capitale umano nella teoria della crescita di Robert E. Lucas**

Il modello di Robert Lucas contenuto in “On the Mechanics of Economic Development” costituisce un altro fondamentale contributo alla teoria della crescita endogena, dove la variabile chiave del modello è costituita dal capitale umano. L’originalità del contributo di Lucas sta nel fatto che egli, per la prima volta, formalizza il ruolo del capitale umano all’interno di un modello neoclassico di crescita originando in questo modo crescita endogena. Lucas sostiene che ciò che differenzia davvero il capitale umano dal capitale fisico sia la capacità che esso ha di produrre esternalità positive. Ovvero che l’istruzione, le capacità apprese attraverso l’educazione o l’esperienza di un lavoratore incrementano anche la produttività di altri lavoratori semplicemente attraverso la possibilità di scambiare le proprie conoscenze. Il concetto di capitale umano che Lucas utilizza è quello già sviluppato da Becker (1964), quindi per capitale umano Lucas intende le capacità, le abilità (*skills*) dell’individuo. Inoltre dal punto di vista tecnico i modelli a cui Lucas fa riferimento per inserire il capitale umano sono quello di Uzawa (1965), ma anche quello di Arrow (1962).

Il modello standard da cui Lucas inizia la sua analisi è quello di Solow (1956). Da qui lui sviluppa due modelli o, come li definisce lui, due “adattamenti” al modello di crescita neoclassico (Lucas, 1988, p.6). Nei suoi modelli la popolazione è una variabile esogena e quindi la crescita della popolazione viene considerata come un dato esogeno. Inoltre non sono presi in considerazione i fattori monetari, Lucas si astrae pertanto dal considerare gli aspetti monetari. Il primo modello mantiene il carattere aggregato, ovvero a un solo settore, del modello originario, ma include l’effetto dell’accumulazione del capitale umano, tale accumulazione avviene attraverso il processo di aumento del grado di scolarizzazione. In sostanza, vi è un aumento dello stock individuale del capitale umano che è una funzione dell’impegno degli individui all’accumulazione di questo fattore ed anche una funzione del livello di capitale umano già accumulato. Lucas utilizza riguardo alla relazione sopra descritta, in questa prima versione, la specificazione fornita da Uzawa (1965), in cui il tasso di accumulazione è proporzionale allo stock di capitale umano. Egli è in grado di mostrare che un’economia con queste caratteristiche cresce nel lungo periodo ad un tasso superiore a quello del progresso tecnologico.

Il secondo modello è caratterizzato da un’economia con due settori dove Lucas considera il capitale umano specializzato. Un primo settore nel quale si produce un bene finale ( $Y$ ). Per la produzione di tale bene finale viene impiegato il capitale fisico ed anche il capitale umano. In particolare nella specificazione del modello si tiene conto delle diversità in termini di specializzazione del capitale umano. Le due tipologie di capitale (fisico e umano) sono soggette alla legge dei rendimenti decrescenti rispetto a ciascun fattore singolarmente considerato, ma si suppone che il loro effetto congiunto sia tanto maggiore quanto maggiore è il livello medio di capitale umano nell’economia

---

<sup>1</sup> A sua volta il limite del modello di Romer basato sulla tecnologia e la concorrenza perfetta (è che esso non riesce a spiegare il miracolo dello sviluppo in paesi che prima erano poveri (come, ad esempio, la Corea del Sud).

(Helpman, 2004). In questo modello dunque vi è un'esternalità positiva che svolge un ruolo nella produzione attraverso l'effetto del capitale medio sul livello di produzione.

Introducendo una tecnologia Cobb-Douglas, la funzione di produzione è la seguente:

$$(1) Y(t) = AK(t)^{\alpha} [u(t)h(t)L(t)]^{1-\alpha} h_a(t)^{\beta}$$

$Y$ , il livello dell'output dipende da un parametro tecnologico  $A$  positivo, da capitale e lavoro ( $K$  ed  $L$  rispettivamente), dal tempo dedicato all'attività produttiva  $u$ , dal livello medio di capitale umano della forza lavoro  $h$  (per cui  $hL$  rappresenta il lavoro in termini di efficienza). Lucas introduce, infine, il termine  $h_a(t)^{\beta}$  per identificare l'esternalità del capitale umano, costituita dal livello medio di capitale umano posseduto dalla forza lavoro e la cui intensità è misurata dal termine  $\beta \geq 0$ .

Un secondo settore è, invece, quello della produzione del capitale umano che si accumula secondo la seguente funzione:

$$(2) \dot{h}(t) = h(t)\delta (1 - u(t)) .$$

La (2) è un'equazione differenziale che identifica l'accumulazione del capitale umano come frutto del capitale umano già esistente al tempo  $t$  ( $h(t)$ ), e del tempo  $(1-u(t))$  dedicato all'istruzione (dove il termine  $u(t)$  individua il tempo destinato all'attività lavorativa)<sup>2</sup>. Se per ipotesi nessuno sforzo viene dedicato all'accumulazione del capitale umano [ $u(t) = 1$ ] allora nessuno accumula. Se invece tutto lo sforzo viene dedicato a questo scopo [ $u(t) = 0$ ] – spiega Lucas –  $h(t)$  cresce al suo tasso massimo  $\delta$ . Fra questi due estremi, non vi sono rendimenti decrescenti per lo stock  $h(t)$ . Un dato incremento *percentuale* richiede lo stesso sforzo, non importa quale livello di  $h(t)$  è stato già raggiunto.

In questo modello si ipotizza che l'aumento dello stock di capitale umano sia proporzionale al prodotto dello stock di capitale umano del settore e della quota di forza lavoro impiegata in quel settore. In queste circostanze, l'economia nel lungo periodo cresce anche senza cambiamento tecnologico, poiché il *learning by doing* diventa un motore della crescita<sup>3</sup>. In sostanza l'accumulazione del capitale umano, essendo lineare nel livello di capitale umano stesso, risulta il motore dello sviluppo economico.

Il modello di Lucas ha il grande merito di aver per la prima volta intuito e formalizzato il contributo positivo che il capitale umano dà al processo di crescita economica attraverso le esternalità che contribuisce a creare.

## Conclusioni

Le conoscenze scientifiche e tecnologiche e fattori immateriali influenzano in maniera significativa la crescita delle economie moderne, inoltre la globalizzazione ha rafforzato le interdipendenze fra i paesi favorendo il processo di diffusione delle conoscenze tecnologiche e anche i processi di apprendimento.

---

<sup>2</sup> Si veda Lucas (1988, p.19).

<sup>3</sup> Un'implicazione del modello di Lucas è che quando i beni non sono sostituiti, l'economia converge a un equilibrio di lungo periodo con una struttura settoriale bilanciata, in cui il tasso di crescita del capitale umano è uguale in ogni settore. Mentre quando i beni sono altamente sostituibili, il settore con il tasso di apprendimento più elevato assume sempre più importanza nel tempo, finendo per dominare l'intera economia (Helpman, 2004).

E' stato fatto rilevare in questo scritto come la teoria della crescita esogena di Solow non era in grado di spiegare le differenze internazionali di reddito e la loro evoluzione storica. La teoria di Solow non teneva conto infatti di come le tecnologie vengono adottate. Nel suo modello, tutte le differenze nei livelli di reddito tra paesi venivano attribuite ai differenti tassi di risparmio, che possono essere diversi per via di differenze nelle preferenze dei consumatori o nei regimi fiscali. La teoria della crescita endogena è stata sviluppata in risposta al modello neoclassico della crescita con progresso tecnologico esogeno. La definizione di crescita endogena dipende dal fatto che il motore della crescita è endogeno al modello ed è un risultato del comportamento ottimale degli agenti economici. Questa teoria mette in evidenza il ruolo della conoscenza e l'importanza del capitale umano ed introduce inoltre le esternalità. La presenza di rendimenti crescenti è inoltre un tratto distintivo e qualificante del modello di crescita endogena. L'analisi si è concentrata sui modelli di Romer del 1986 e sul modello di Lucas del 1988, i quali, benché elaborati da una circa trent'anni, sono attuali sotto diversi profili. In tali modelli, la conoscenza scientifica e tecnologica e/o le competenze del fattore lavoro possono essere accumulate, analogamente al fattore capitale fisico. Questi modelli di crescita endogena ricorrono al concetto di capitale umano per spiegare la produttività del fattore lavoro ed evidenziano come quest'ultima sia legata alla conoscenza che diventa un elemento chiave della crescita e dello sviluppo economico.

## **Bibliografia**

Aghion, P., Howitt, P. 1992. A Model of Growth Through Creative Destruction, *Econometrica*, 60 (2): 323-351.

Arrow, K. 1962. The Economics Implications of Learning by Doing, *Review of Economic Studies*, 29:155-173.

Becker, G. S., 1964. *Human capital*, New York, Columbia University Press for the National Bureau of Economic Research.

Boltho, A., Holtham, G. 1992. The Assessment: New Approaches to Economic Growth, *Oxford Review of Economic Policy*, 8(4): 1-14.

Cass, D. 1965. Optimum Growth in an Aggregative Model of Capital Accumulation, *Review of Economic Studies*, 32(3): 233-240.

Grossman G.M., Helpman, E. 1991. Quality Ladders in the Theory of Growth, *Review of Economic Studies*, 58(1): 43-61.

Helpman, E. 2004. *The Mystery of Economic Growth*, Cambridge (MA), The Belknap Press of Harvard University Press.

Koopmans T.J. 1965. On the Concept of Optimal Economic Growth. *Study Week on the Econometric Approach to Development Planning, Pontificiae Academiae Scientiarum Scripta Varia*, 28 (1), 225-287.

Kuznets, S. 1966. *Modern Economic Growth*, New Haven, Yale University Press.

- Lucas, R.E. 1988. On the Mechanics of Economic Development, *Journal of Monetary Economics*, 22: 3-42.
- Mokyr, J. 2002. *The gift of Athena*, Princeton, Princeton University Press.
- Ramsey, F.P. 1928. A Mathematical Theory of Saving, *Economic Journal*, 38(152): 543-559.
- Rebelo, S. 1991. Long-Run Policy Analysis and Long-Run Growth, *Journal of Political Economy*, 99(3): 500-521.
- Romer, P. 1986. Increasing Returns and Long-Run Growth, *Journal of Political Economy*, 94 (5): 1002-1037.
- Romer, P. 1990. Endogenous Technological Change, *Journal of Political Economy*, 97 (6): S71-S102.
- Romer, P. 1994. The Origins of Endogenous Growth, *Journal of Economic Perspectives*, 8(1): 3-22.
- Rosenberg, N. 1982. *Inside the Black Box*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Solow, R. M. 1956. A Contribution to the Theory of Economic Growth, *Quarterly Journal of Economics*, 70 (1): 65-94.
- Schilirò, D. 2006. Teorie circolari e teorie verticali della dinamica economica strutturale: verso uno schema di carattere generale, *Economia politica*, 33(1): 51-80.
- Schilirò, D. 2005. Economia della Conoscenza, Dinamica Strutturale e Ruolo delle Istituzioni, *Quaderno Cranec*, Milano, Vita e Pensiero, Gennaio.
- Schilirò, D. 2003. Dibattito sulla globalizzazione. Un commento, *MPRA Paper 34943*, University Library of Munich, Germany.
- Uzawa, H. 1965. Optimal Technical Change in an Aggregate Model of Economic Growth, *International Economic Review*, 6 (1):18-31.

