

Economia del lavoro e dell'innovazione

**L'innovazione nel pensiero classico
e nel modello neoclassico**

Annaflavia Bianchi

Perché è interessante studiare l'innovazione?

- **L'economia** è una scienza sociale che studia **l'allocazione di risorse scarse**
- **L'innovazione**, all'interno dei sistemi economici:
 - Può contribuire a **ridurre la scarsità** (es: uso più efficiente delle risorse) e a soddisfare specifici **bisogni**
 - **Richiede** l'impiego di **risorse** (es: ricercatori, ingegneri, ecc.) che, a loro volta, sono scarse → scelta tra **investimento** (con beneficio incerto e futuro) e **consumo** (con beneficio certo e immediato)

L'innovazione tecnologica nel pensiero economico classico

- Progresso tecnologico = nuove macchine;
- Meccanizzazione → Aumenta divisione del lavoro → Crescita
- Impatto sull'occupazione

L'innovazione tecnologica nel pensiero economico: Smith

- **Smith** (*Ricchezza delle Nazioni*, 1776) analizza la relazione tra cambiamento tecnologico, divisione del lavoro e mutamento strutturale dell'economia;
- Non parla di innovazione ma di incorporazione del progresso tecnologico nei beni capitali e dei suoi effetti sulla produttività del lavoro, sulla specializzazione e sull'occupazione;
- Secondo Smith la divisione del lavoro dipende/è limitata dalla dimensione del mercato
- Un aumento della divisione del lavoro genera un aumento di produttività del lavoro attraverso la specializzazione dei compiti e l'apprendimento per esperienza.

Rendimenti crescenti vs decrescenti: classici vs neoclassici

- L'idea che l'attività manifatturiera fosse soggetta alla legge dei rendimenti crescenti era stato uno dei capisaldi della teoria classica.
- **Adam Smith** nei primi tre capitoli della *Ricchezza delle Nazioni*: la produttività dipendeva **dal grado di divisione del lavoro**, ossia dal grado di specializzazione.
- La **divisione del lavoro** a sua volta dipendeva dalla dimensione del mercato: maggiore **l'estensione del mercato**, maggiore la differenziazione e specializzazione, maggiore il rendimento.
- Una divisione del lavoro maggiore è più produttiva perché porta con sé lo sviluppo di **maggiori competenze e know-how**.

L'innovazione tecnologica nel pensiero economico: Ricardo

- **Ricardo** (*Principles of Political Economy*, 1817) è interessato alle conseguenze del progresso tecnologico ed al progresso tecnico incorporato;
- La sua analisi si concentra sugli effetti sull'occupazione del cambiamento tecnologico;
- Teoria della compensazione: gli effetti *labour-saving* dell'introduzione di nuove macchine sono compensati da:
 - Forza lavoro necessaria per produrre le nuove macchine;
 - Aumento della domanda come conseguenza della diminuzione dei prezzi dovuta al progresso tecnologico.

Rendimenti decrescenti

- **Ricardo**: rendimenti marginali decrescenti. • La produzione ha un fattore fisso: la **terra**
- Il processo di accumulazione del capitale e l'aumento della produzione fanno sì che terre meno produttive siano progressivamente messe a coltura.
- la **produttività marginale** del capitale e del lavoro **decrece con l'accumulazione** ed arriva al punto in cui nessun profitto viene generato.
- Saggio dei profitti dipende da condizioni tecniche e da saggio di salario (in relazione inversa).
- **Solo progresso tecnologico può far continuare processo di sviluppo.**

L'innovazione tecnologica nel pensiero economico: Marx

- **Marx** (*Il Capitale*, 1867) sottolinea che l'innovazione è un processo sociale e non individuale
→ **storia distinta di inventori e invenzioni**
- Tecnologia e **rapporti** di produzione tra **capitale** e **lavoro**
- Evidenzia l'importanza del settore produttore specializzato di macchine;
- Le **macchine codificano** e incorporano una crescente parte delle fasi di produzione
- **Ciclo di vita** nel settore di produzione delle **macchine**

L'innovazione tecnologica nel pensiero economico: Marx

- Analizza gli incentivi al cambiamento tecnologico: lo stimolo ad innovare proviene
 - dalla pressione competitiva capitalistica e
 - dall'ampiezza dei mercati.
- Problema della **distribuzione**

Adam Smith:

innovazione e divisione del lavoro;

David Ricardo:

impatto dell'innovazione sull'occupazione;

Karl Marx:

innovazione come processo sociale;

I neoclassici

- Valutazione di problemi di **efficienza statica**
- Situazione di **equilibrio**
- **Imprese omogenee** → impresa rappresentativa
- **Tecnologie date** (che cambiano)
- **Mercati concorrenziali** → prezzi dati
- **Comportamenti massimizzanti** di imprese e consumatori
- **Remunerazione** dei fattori uguali alla **produttività marginale**

Le ipotesi di base di comportamento dell'impresa neoclassica

- **Impresa** come *agente economico individuale* (l' imprenditore) ha come obiettivo la *massimizzazione del profitto*;
- **Impresa-imprenditore** come *agente economico perfettamente razionale* in quanto dotato delle capacità analitiche necessarie a risolvere problemi complessi (*razionalità sostantiva*) ovvero in grado di compiere scelte di natura ottimizzante (la quantità di output che massimizza il profitto);
- Impresa come *centro di trasformazione tecnica* ovvero in grado di trasformare input in output sulla base di una ben definita conoscenza tecnologica (rappresentata dalla funzione di produzione).

La tecnologia dell'impresa

- L' *insieme di produzione* è costituito dalla lista di tutti i piani di produzione, intesi come combinazioni di input e di output, che l'impresa è tecnicamente in grado di realizzare (dipende quindi dalle conoscenze tecnologiche dell'impresa che sono costanti. Non c'è quindi progresso tecnologico);
- La *frontiera dell'insieme di produzione*, costituita dalla massima quantità di output che può essere ottenuta per ciascuna combinazione di input, è definita come funzione di produzione;
- La funzione di produzione descrive quindi l'insieme delle tecniche di produzione efficienti, combinazioni di input che garantiscono il risultato più elevato in termini di output, **data una certa tecnologia esistente → l'impresa è un punto sulla funzione di produzione.**

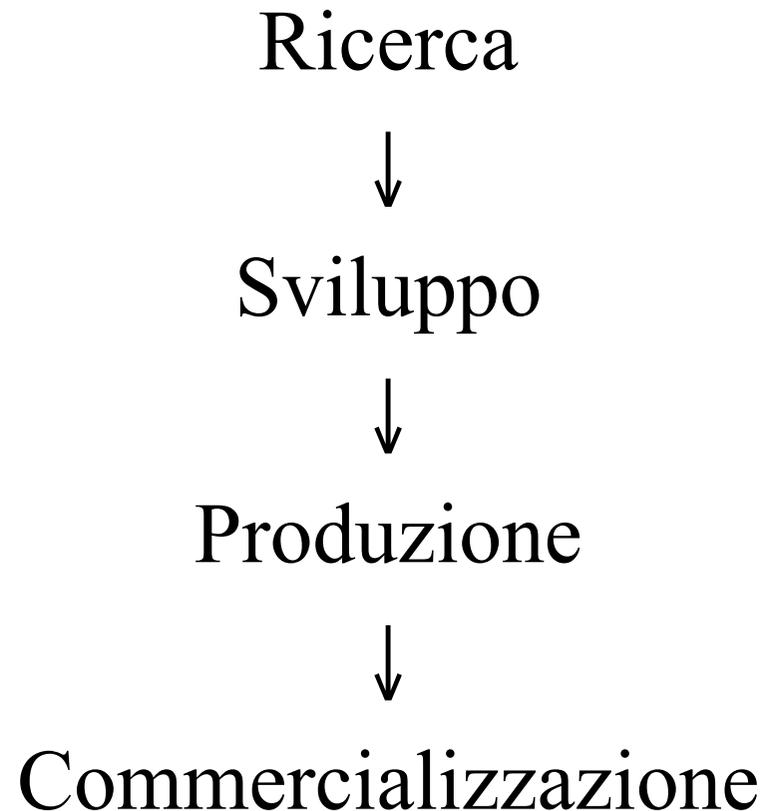
Il progresso tecnologico

- È rappresentato da uno spostamento verso l'alto della funzione di produzione;
- Aumenta la produzione a parità di impiego dei fattori produttivi (ovvero una riduzione del loro impiego a parità del risultato finale);
- Il cambiamento tecnologico è di due tipi:
 - *Incorporato* cioè legato all'introduzione di nuovi beni capitali o di capitale umano più avanzato;
 - *Disincorporato* cioè dipendente dal passaggio del tempo (apprendimento) o da una serie di sviluppi esogeni come quelli scientifici.

Innovazione

- Implicita nella *funzione di produzione*;
- L'innovazione è un fattore esogeno che dipende da un processo di scoperta (invenzione) → “*manna dal cielo*” oppure, alternativamente, può derivare dagli sforzi consapevoli di ricerca (*investimenti in R&S*), motivati dalle prospettive di profitto;
- La nuova conoscenza viene trasformata in nuovi prodotti secondo una *sequenza fissa di fasi lineari*;
- Inoltre la *conoscenza tecnologica è informazione codificata* che può venire pienamente trasmessa ed acquisita, senza che questo richieda alcun processo di apprendimento specifico e costoso.

Innovazione come processo: il modello lineare



Il modello lineare del processo innovativo

- Le diverse fasi sono svolte in sequenza secondo una direzione univoca:
 - Le istituzioni fanno ricerca;
 - Le imprese la applicano e la utilizzano nel processo produttivo;
- Origine:
 - giustifica politiche tecnologiche US e UK anni ' 40-60 (programmi “Big Science”, spesso a scopo militare)
 - riflette impostazioni manageriali dirigitte (fordiste)
- A lungo identificato come chiave dello sviluppo US (fino ai '70)
- Riscoperto nelle spiegazioni “hi-tech” di crescita USA anni '90, ruolo delle università e *boom* ricerca industriale di base

Due modelli lineari: innovazione *demand pull o technology push?*

- I cambiamenti della domanda determinano l'innovazione che è spinta dalla valutazione dei benefici attesi (approccio “*demand pull*”):

Domanda → Ricerca → ...

- Il cambiamento tecnologico è determinato dai ritmi discontinui del progresso scientifico, che è esogeno rispetto al mercato (approccio “*technology push*”):

Ricerca → Sviluppo →

In generale nelle prima fasi del ciclo di vita delle tecnologie sono rilevanti le innovazioni radicali “technology push”, mentre nelle fasi successive sono più importanti le innovazioni incrementali “demand pull”
(e.g. primi computer vs. pc).

La teoria marginalista

- La teoria marginalista generalizza la legge dei rendimenti decrescenti di Ricardo applicandola sia alla sfera **del consumo** (principio di utilità mg decrescente) che alla **produzione industriale** in fattori capitale e lavoro.
- Alcune eccezioni: **Marshall & Young** sottolineano, pur senza rigettare l'impianto dell'economia marginalista, l'importanza dell'**interazione tra fattori statici e dinamici** nel determinare i rendimenti crescenti al crescere della scala della produzione industriale.
- Rendimenti crescenti legati ad **esternalità** mentre continuano ad esserci rendimenti decrescenti nei singoli fattori -> rimane **valida la teoria distributiva neoclassica** (ossia la possibilità di individuare univocamente una curva di domanda dei fattori decrescente rispetto loro costo) e la **teoria della produzione marginalista** (cambiamenti nei prezzi relativi dei fattori determinano spostamenti lungo *la* funzione di produzione verso tecniche con maggior utilizzo fattore più economico)

Marshall e le esternalità (1920)

Quattro tipi di esternalità (esternalità di localizzazione / urbanizzazione):

1. Pecuniarie: riduzione dei prezzi degli input intermedi dovuta all'insediamento o all'incremento della produzione di un input intermedio in un'area circoscritta,

2. Tecniche: Input tendenzialmente gratuiti generati più o meno intenzionalmente da impresa limitrofa sul territorio.

3. Adozione: effetti positivi di informazione e apprendimento collettivo relativi a nuovi beni capitali e nuovi input intermedi, che ogni utilizzatore rende disponibile a favore dei rimanenti potenziali utilizzatori.

4. Tecnologiche: l'aumento complessivo della produttività a seguito dell'introduzione di nuove tecnologie messe a punto in altre imprese e incorporate in nuovi beni o servizi o procedure organizzative

La teoria marginalista

- *“Economists of the latter half of the 19th century had the intuition to grasp the ingenious potential of the marginal principle underlying Ricardo’s theory of rent and conceived the idea of widening (or, rather, as is said more persuasively, of “generalising”) its application. That set of economic theories that were proposed in the late 19th century and were indicated as a **“marginal revolution”** focused **precisely on the generalised application of the “marginal principle”**. This was introduced first to account for **consumer behaviour** (the theory of marginal utility); then it was applied, by extension, to the whole **theory of production and distribution** (and not only to land and rent). **This development** is no doubt an interesting phenomenon, from the view point of the history of economic thought. It is a fact that the use of the marginal principle in the theory of production and distribution (later known as “neoclassical” theory) **did not come about as a result of new observation of reality**. It came about **by analogy**, as a convenient, indeed as an elegant, aesthetically attractive, extension of Ricardo’s principle of diminishing returns (originally concerning land) to all the resources in existence” (cfr. Pasinetti 2000)*
- *“The reason for the neglect [of the law of increasing return] is no doubt **the difficulty of fitting increasing return into the prevailing framework of perfect competition and marginal productivity factor pricing**” (cfr. Hahn, Matthews 1964, p.833)*

La critica di Kaldor e la funzione del progresso tecnologico

Era allievo di Young. Rilevanza di fattori dinamici (apprendimento)

- Nota che è impossibile distinguere gli effetti delle «**economie di impianto**» legate all'indivisibilità di alcuni fattori della produzione (quindi reversibili, nel senso che scompaiono al diminuire della scala di produzione) dagli **effetti irreversibili dovuti al miglioramento della tecnologia** associata all'espansione dell'output.
- L'apprendimento è un prodotto dell'esperienza e quindi, come mostrato dal contributo pionieristico di Arrow (1962), **maggiore è il tasso di crescita dell'output e dell'investimento, maggiore sarà la crescita della produttività dovuta ai processi di *learning by doing*.**

La critica di Kaldor

Per Kaldor non ha senso distinguere tra **movimenti lungo la funzione di produzione**, causati dal procedere dell'accumulazione del capitale, che determina una variazione del rapporto K/L , e **spostamenti dell'intera funzione di produzione** causati dal progresso tecnologico poiché l'**accumulazione del capitale non è neutrale rispetto all'evoluzione della conoscenza tecnica**

“The use of more capital per worker [...] inevitably entails the introduction of superior techniques which require “inventiveness of some kind” (cfr. Kaldor 1957, p.595).

• Come è possibile quindi separare questa “inventiva”, derivante da uno spostamento lungo la curva di produzione, dall’ “inventiva” che determina uno spostamento dell’intera funzione di produzione?

La critica di Kaldor

Anche la decisione di adottare una diversa tecnica di produzione (caratterizzata cioè da un diverso rapporto tra capitale e lavoro) in corrispondenza di un determinato “stato della conoscenza” determina inevitabilmente un processo di innovazione che modifica lo stato delle conoscenze stesso, cioè determina progresso tecnico.

Accumulazione capitale → progresso tecnico

·Esiste anche una relazione inversa: le innovazioni tecniche infatti, affinché possano aumentare la produttività del lavoro, richiedono normalmente l'impiego di una maggior quantità di capitale per lavoratore:

“On the other hand, most, though not all, technical innovation which are capable of raising the productivity of labour require the use of more capital per man – more elaborated equipment and/or more mechanical power” (cfr. Kaldor citato in Foley & Michl 1999 cap.15 p.269).

Progresso tecnico → accumulazione capitale

La funzione del progresso tecnologico

.N.B. L'idea che il progresso tecnologico sia *incorporato nel capitale*, non rappresentava di per sé una contraddizione per l'approccio neoclassico, basato sull'utilizzo di una funzione di produzione statica a rendimenti decrescenti nei singoli fattori: compatibile con l'idea di progresso tecnico *labour-saving* nel senso di Hicks.

- Tuttavia bisogna assumere che il capitale sia un'entità omogenea, misurabile in termini puramente quantitativi.
- Per Kaldor il capitale non è entità omogenea (controversia del capitale) ◇ Kaldor rifiuta pertanto la funzione di produzione neoclassica stessa.
- Pertanto non funzione di produzione ma funzione del progresso tecnologico:

$$\pi = a + bg_{K/L}$$

La funzione del progresso tecnologico

τ = produttività del lavoro

$g_{K/L}$ = *capital deepening* (=tasso di crescita dell'*intensità del capitale*=tasso di crescita del rapporto capitale-lavoro)

Definito il tasso di accumulazione del capitale come:

$$g_K = \frac{I_t}{K_t}$$

e indicato con n il *tasso di crescita dei lavoratori*

Il *capital deepening* può essere approssimato (per g_K e n piccoli)

$$g_{K/L} \approx g_K - n$$

La funzione del progresso tecnologico e la legge di Verdoorn-Kaldor (1949)

La funzione del progresso tecnologico incorpora 2 **idee** distinte:

- ***lega il tasso di progresso tecnologico direttamente al tasso di accumulazione del capitale;***
- ***implica un'idea di progresso tecnologico incorporato nel capitale.***

Nel 1966 Kaldor riprende e stima la legge **di Verdoorn** che legava l'andamento della produttività del lavoro alla crescita dell'output.

Due idee **alla base** di tale relazione:

- 1) **la presenza di economie statiche e dinamiche e di processi di learning by doing;**
- 2) **l'endogeneità del progresso tecnico, incorporato nel capitale.**

La risposta neoclassica: il modello di crescita di Solow (1956)

- Solow riporta il progresso tecnologico al centro dell'analisi del processo di crescita economica.
- Il problema: spiegare la crescita persistente della produttività del lavoro osservata mantenendo la funzione di produzione a rendimenti costanti nei fattori presi congiuntamente e decrescenti nei singoli fattori (necessaria per trovare una soluzione interna al problema di massimizzazione del profitto da parte dell'impresa)
- Soluzione: progresso tecnologico esogeno

Solow (1956) - Ipotesi

- Funzione di produzione Cobb-Douglas (continua e continuamente differenziabile \rightarrow produttività mg sempre definita) a rendimenti costanti di scala e decrescenti nei fattori capitale e lavoro
- elasticità di sostituzione = 1 \rightarrow elevata sostituibilità tra i fattori di produzione (vs. Harrod (1939)-Domar (1946): tecnologia a coefficienti fissi) \rightarrow data una riduzione nell'utilizzo di un fattore è sempre possibile variare la quantità dell'altro in una misura tale da mantenersi sullo stesso isoquanto.
- Progresso Hicks-Neutral che aumenta proporzionalmente produttività di entrambi i fattori
- N.B. Comunque la funzione di produzione Cobb-Douglas a rendimenti costanti è l'unico caso in cui il progresso tecnico neutrale à la *Harrod* è anche neutrale à la *Hicks* e viceversa. Uzawa H. (1961).

Solow (cont.)

Nel breve periodo il reddito pro-capite y e il rapporto capitale-lavoro k possono aumentare o diminuire a seconda che i risparmi pro capite siano maggiori o minori del deprezzamento del capitale pro capite, tuttavia **nel lungo periodo si arriva ad uno stato stazionario** in cui i risparmi sono pari al deprezzamento del capitale e dove reddito e capitale pro-capite non crescono.

• **Una variazione della propensione al risparmio s o del tasso di deprezzamento del capitale δ avrà effetti positivi o negativi sui livelli pro capite capitale e reddito nello SS, ma non influenza il loro tasso di crescita di lungo periodo.**

• **In assenza di progresso tecnico, non è possibile avere una crescita costante e continua del reddito pro capite.**

• **Se c'è progresso tecnico sia il reddito che il capitale pro capite cresceranno ad un tasso di crescita pari a quello del progresso tecnico (tasso di crescita di A)**

Solow (cont.)

due sono le vie attraverso cui è possibile aumentare il benessere di una popolazione:

1. un aumento del capitale per lavoratore (attraverso un aumento del saggio di risparmio) che permette di raggiungere uno stato stazionario caratterizzato da un livello di reddito pro capite superiore (anche se non è in grado di sostenerne la crescita di lungo periodo)
2. e il progresso tecnologico esogeno che è all'origine della crescita persistente del reddito pro-capite.

Come è possibile distinguere il contributo di questi due fattori alla crescita effettiva del reddito?

• *Da qui nasce la famosa **decomposizione di Solow** per misurare l'apporto del progresso tecnologico, calcolato come residuo: la parte **di variazione produttività che non viene spiegata dal tasso di accumulazione del capitale e dal tasso di crescita delle quantità di lavoro impiegate.***

Kaldor vs Solow

Simile alla funzione del progresso tecnologico di Kaldor ...

... **ma** 2 concezioni radicalmente differenti del progresso tecnologico.

- Nell'equazione di Solow infatti il residuo è *calcolato* in base all'ipotesi che l'accumulazione del capitale non determini alcun processo di innovazione. α è un dato, non viene stimato. La crescita della produttività determinata dal fattore αgK riflette semplicemente il fatto che, muovendosi lungo l'isoquanto, sostituendo capitale a lavoro (aumenta il rapporto K/L), la produttività del lavoro aumenta. (***visione statica del processo produttivo***)

- Per Kaldor invece l'accumulazione del capitale implica processo d'innovazione che pertanto comportava non solo uno spostamento *lungo* la funzione di produzione ma anche uno spostamento *della* funzione di produzione. Coefficiente b pertanto non rappresenta un *dato* del problema ma è *stimato* a partire dai dati macroeconomici (***visione dinamica***)

Solow Il residuo e la Total Factor Productivity

Il residuo di Solow lascia invariate le produttività marginali dei fattori poiché il progresso tecnologico è Hicks-neutral (*scorporato* dai fattori produttivi).

- Infatti il progresso tecnologico Hicks-neutral aumenta in modo proporzionale la produttività marginale di tutti i fattori.
- Perciò si dice che è *Total Factor Productivity-augmenting*. La **produttività totale dei fattori, o produttività multifattoriale rappresenta un altro modo di vedere il residuo di Solow.**

Criticità della TFP

1) La funzione di produzione Cobb-Douglas e la teoria neoclassica:

- elevato grado di sostituibilità dei due fattori: data una riduzione nell'utilizzo di un fattore è sempre possibile variare la quantità dell'altro in una misura tale da mantenersi sullo stesso isoquante.
- Ogni punto della funzione di produzione rappresenta pertanto una tecnica di produzione distinta identificata da $\{K/L, X/N\}$.
- **Mentre per i classici l'adozione di tecniche più capital intensive era un prodotto storico, la funzione di produzione neoclassica implica che tutte le tecniche, corrispondenti ad ogni possibile livello del rapporto K/L , siano già state scoperte e siano avviabili in ogni periodo storico.**
- Il capitalista sceglierà la tecnica da utilizzare in base ai prezzi relativi dei fattori, secondo la regola fondamentale della teoria della produzione neoclassica = in modo tale che valga l'uguaglianza tra il prezzo relativo dei fattori e il loro saggio tecnico di sostituzione (l'opposto del rapporto tra le produttività marginali).
- **Ipotesi implicita: le imprese hanno perfetta conoscenza di tutte le tecniche realizzabili in ogni momento e possono adottare in ogni momento quella maggiormente efficiente dati i prezzi dei fattori -> Perfetta reversibilità**

Criticità della TFP

Sylos-Labini (1988) nota che l'ipotesi di reversibilità è assai poco verosimile nella realtà, se consideriamo il capitale fisso.

• Questa osservazione si colloca però in una critica più profonda all'approccio neoclassico. Secondo Sylos-Labini l'idea di valutare il saggio tecnico di sostituzione come rapporto tra le produttività marginali è del tutto errata in quanto il concetto stesso di produttività marginale, seppur valido dal punto di vista matematico, risulta essere privo di fondamento economico:

“Il fatto è che ogni tecnologia s'incorpora in determinati capitali fissi che consentono determinate combinazioni di fattori e non altre. Se in una fabbrica tessile con un dato impianto vogliamo produrre un decimetro quadrato in più di tessuto, noi abbiamo bisogno non solo di accrescere, sia pure di pochissimo, il grado di utilizzazione degli impianti (posto che ciò sia possibile), ma anche di far lavorare qualche minuto in più almeno un operaio, il quale, se non vorrà tessere l'aria, dovrà impiegare un batuffolo di cotone grezzo, se di tessuto di cotone si tratta. La produttività marginale concepita come derivata parziale appare dunque come una nozione priva di qualsiasi corrispondenza con la realtà economica” (cfr. Sylos-Labini 1988).

Criticità della TFP

- 2) *critica di Cambridge U.K.* (Joan **Robinson** (1955, 1956) e a Piero **Sraffa** (1960)): nega la possibilità di usare misure aggregate del capitale (sia in termini reali che monetari) e la validità della teoria distributiva neoclassica → venivano così minate le basi teoriche della funzione di produzione in termini di capitale e lavoro e la legittimità della decomposizione di Solow.
- 3) il residuo risulta essere risultato non solo del progresso tecnologico e del conseguente miglioramento dell'efficienza produttiva ma anche di molte altre variabili. In particolare la dimensione della PTF può essere condizionata profondamente da errori di misurazione, di aggregazione, di specificazione del modello. Il Residuo di Solow rappresenta quindi una “*misura della nostra ignoranza*”(cfr. **Abramovitz 1989**, p.133).
- 4) Il residuo dipende dalla politica monetaria e fiscale
- 5) Se si eliminasse l'ipotesi di RCS rendimenti di scala crescenti si otterrebbero stime positive anche in assenza di progresso tecnico (**Stirah 2001**)
- 6) Se si abbandona l'ipotesi di concorrenza perfetta in favore di mercati oligopolistici, allora la quota di reddito che va al capitale (come conseguenza dell'applicazione di un markup) superiore rispetto alla produttività marginale → perciò TFP include anche potere di mercato (**Hall 1988, Bresnahan 1989**)