Capitolo 9:
Crescita Economica - II

PROGRESSO TECNOLOGICO E MODELLO DI SOLOW

Rimuoviamo l'ultima ipotesi semplificatrice o «irrealistica» dal modello di Solow:

cioè Introduciamo il **Progresso tecnologico** si manifesta in:

- più alta produttività: più produzione a parità di capitale e lavoro;
- miglioramento dei prodotti esistenti;
- creazione di prodotti interamente nuovi.

Nuova variabile: ***E*** **=** efficienza del lavoro dipende dallo stato della tecnologia

Nuova forma della funzione di produzione: $Y = F(K,\ E \times L)$

Assumiamo che il progresso tecnico sia "**labour-augmenting**": aumenta l'efficienza del lavoro ***E*** nel tempo, e in tal modo:

- riduce il ***L*** necessario per ottenere un dato ***Y***;
- aumenta l'***Y*** ottenibile con un dato ***L***.

Assumiamo che il progresso tecnico, cioè ***E***, cresca ad un tasso costante ***g***:

$$g = \frac{E_{t+1} - E_t}{E_T} = \frac{\Delta E}{E_t}$$

PROGRESSO TECNOLOGICO – 2

Quindi ora dobbiamo esprimere le nostre variabili in modo diverso, cioè in:

unità di lavoro effettivo: $\boldsymbol{y_t = Y_t /(L_t E_t)}$ = output per lavoratore effettivo

$\boldsymbol{k_t = K_t /(L_t E_t)}$ = capitale per lavoratore effettivo

… e le altre.

Deriviamo l'equazione di moto del capitale in equilibrio.

Si parte dall'equazione del capitale:

$$K_{t+1} - K_t = sY_t - \delta K_t$$

Dividiamo per $\boldsymbol{L_t E_t}$:

$$\frac{K_{t+1}}{L_t E_t} - \frac{K_t}{L_t E_t} = s\frac{Y_t}{L_t E_t} - \delta\frac{K_t}{L_t E_t}$$

E sostituiamo la funzione di produzione nel lavoro effettivo:

$$\frac{K_{t+1}}{L_t E_t} - \frac{K_t}{L_t E_t} = sf\left(\frac{K_t}{L_t E_t}\right) - \delta\frac{K_t}{L_t E_t}$$

… segue – derivazioni (già visto), da: $\underbrace{\frac{K_{t+1}}{L_t E_t} - \frac{K_t}{L_t E_t}} = sf\left(\frac{K_t}{L_t E_t}\right) - \delta \frac{K_t}{L_t E_t}$

Lavoriamo sul primo membro, molt. per 1:

$$\frac{K_{t+1}}{L_t E_t}\boxed{\frac{L_{t+1}E_{t+1}}{L_{t+1}E_{t+1}}} - \frac{K_t}{L_t E_t} = \frac{K_{t+1}}{L_{t+1}E_{t+1}}\left(\frac{L_{t+1}E_{t+1}}{L_t E_t}\right) - \frac{K_t}{L_t E_t} = k_{t+1}\left(\frac{L_{t+1}E_{t+1}}{L_t E_t}\right) - k_t$$

Calcoliamo i tassi di crescita di E_t e di L_t: $\frac{L_{t+1}}{L_t} = 1 + n$ e $\frac{E_{t+1}}{E_t} = 1 + g$

Quindi: $k_{t+1}(1+n)(1+g) - k_t \Rightarrow k_{t+1}(1 + n + g + \cancel{ng}) - k_t$

Ovvero: $k_{t+1} + k_{t+1}(n+g) - k_t$ agg. 0: $k_{t+1} + (k_{t+1} - k_t + k_t)(n+g) - k_t$

e ricordiamo che: $k_{t+1} - k_t = \Delta k$ Otteniamo: $(1 + n + g)\Delta k + (n+g)k_t$

Poiché n e g sono piccoli, approssimiamo: $\Delta k + (n+g)k_t$

Torniamo all'equazione completa: $\Delta k + (n+g)k_t = sf(k_t) - \delta k_t$ cioè:

$$\boxed{\Delta k = sf(k_t) - (\delta + n + g)k_t}$$

… segue - derivazioni

E infine, in stato stazionario, cioè quando:

$\forall\, t:$ $(K_{t+1} / L_{t+1}E_{t+1}) = (K_t / L_t E_t) = \ldots = (K/LE)^* = k^*$

si ottiene:

$$\boxed{sf(k^*) = (\delta + g + n)k^*}$$

Se assumiamo una *f* della forma Cobb-Douglas, abbiamo:

$$s(k^*)^\alpha = (\delta + n + g)k^*$$

Ovvero:

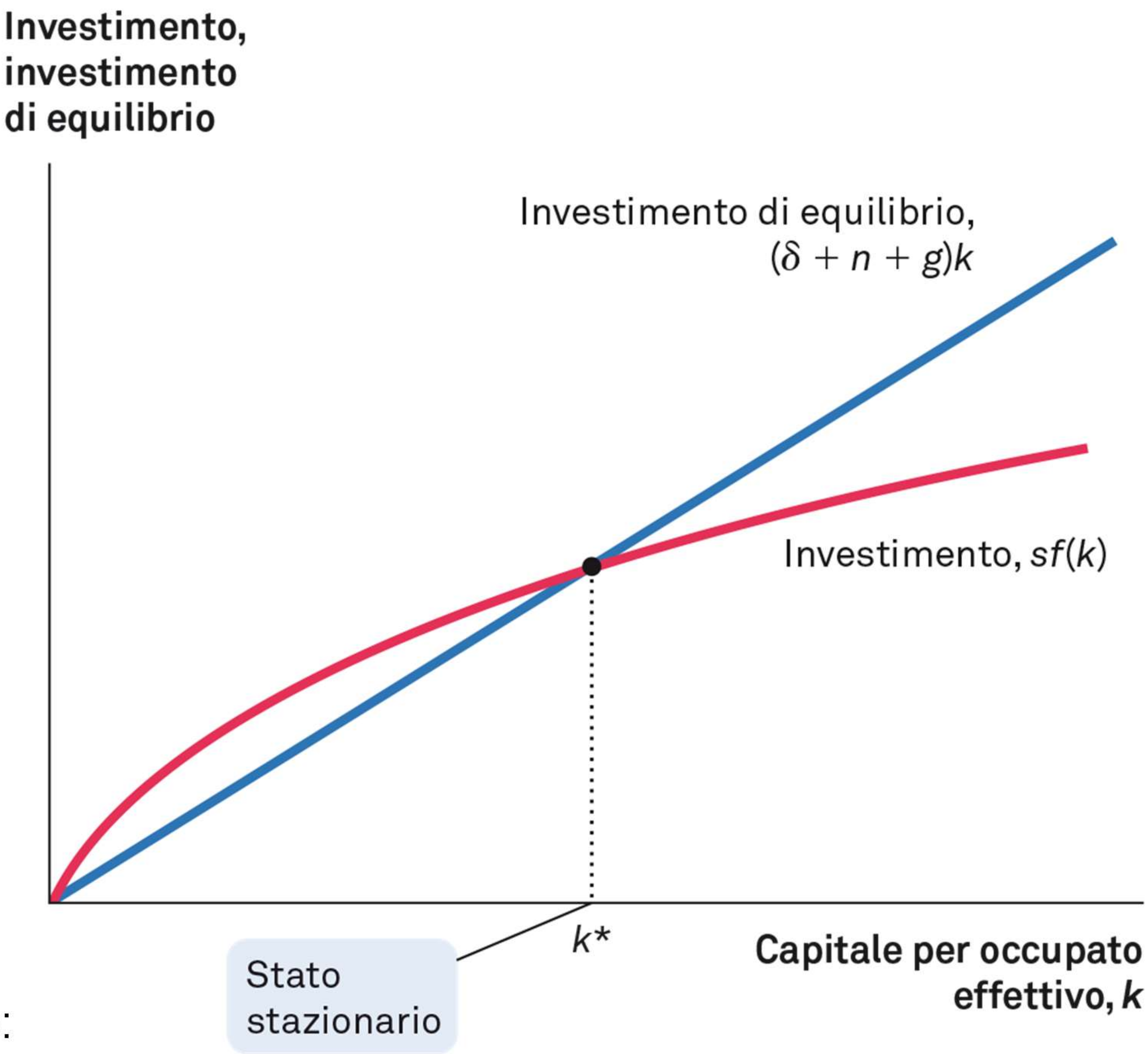
$$\boxed{k^* = \left(\frac{s}{\delta + n + g}\right)^{\frac{1}{1-\alpha}}}$$

Analisi grafica

Come prima,

Il capitale in unità di efficienza ***k*** converge allo **Stato stazionario *k****

… quindi Il rapporto $K_t / L_t E_t$ sarà costante nel tempo, e anche il PIL in unità di efficienza $Y_t / L_t E_t$ ma…



Il PIL procapite Y_t / L_t **no**:
Esso infatti cersce al tasso ***g***

*DIMOSTRAZIONE – che **Y/L** cresce al tasso **g** .*

Sappiamo che ***Y/LE*** è costante : $$\frac{Y_{t+1}/L_{t+1}E_{t+1} - Y_t/L_tE_t}{Y_t/L_tE_t} = 0$$

Quindi: $$\frac{Y_{t+1}/L_{t+1}E_{t+1}}{Y_t/L_tE_t} - 1 = 0$$ e: $$\frac{Y_{t+1}/L_{t+1}}{Y_t/L_t}\frac{E_t}{E_{t+1}} = 1$$

Dividiamo per il rapporto tra gli ***E***: $$\frac{Y_{t+1}/L_{t+1}}{Y_t/L_t} = \frac{E_{t+1}}{E_t}$$ memo: $$\frac{E_{t+1}}{E_t} = 1 + g$$

Quindi: $$\frac{Y_{t+1}/L_{t+1}}{Y_t/L_t} = 1 + g$$ da cui: $$\frac{Y_{t+1}/L_{t+1}}{Y_t/L_t} - 1 = g$$ ovvero:

$$\boxed{\frac{Y_{t+1}/L_{t+1} - Y_t/L_t}{Y_t/L_t} = g}$$

La REGOLA AUREA con PROGRESSO TECNOLOGICO

Come nella scorsa lezione: $c^* = y^* - i^*$

Ma ora in sta.staz. deve essere per definizione: $i^* = (n + g + \delta)k^*$

E quindi usando la f.di produzione: $c^* = (k^*)^{\alpha} - (n + g + \delta)k^*$

Rimane da calcolare k^* con $g > 0$ – ***esercizio:***

$$k^* = \left(\frac{s}{\delta + g + n}\right)^{\frac{1}{1-\alpha}}$$

E quindi per trovare l' ***s_{Gold}*** di regola aurea occorre risolvere il seguente problema di massimizzazione:

$$\max_s c^* = \left(\frac{s}{\delta + g + n}\right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} - (\delta + g + n)\left(\frac{s}{\delta + g + n}\right)^{\frac{1}{1-\alpha}}$$

Fatti empirici e teoria della crescita neoclassica

Il risultato fondamentale del modello completo di Solow: ***crescita bilanciata***

Molte variabili crescono allo stesso tasso:

TABLE 9-1

Steady-State Growth Rates in the Solow Model with Technological Progress

Variable	Symbol	Steady-State Growth Rate
Capital per effective worker	$k = K/(E \times L)$	0
Output per effective worker	$y = Y/(E \times L) = f(k)$	0
Output per worker	$Y/L = y \times E$	g
Total output	$Y = y \times (E \times L)$	$n + g$

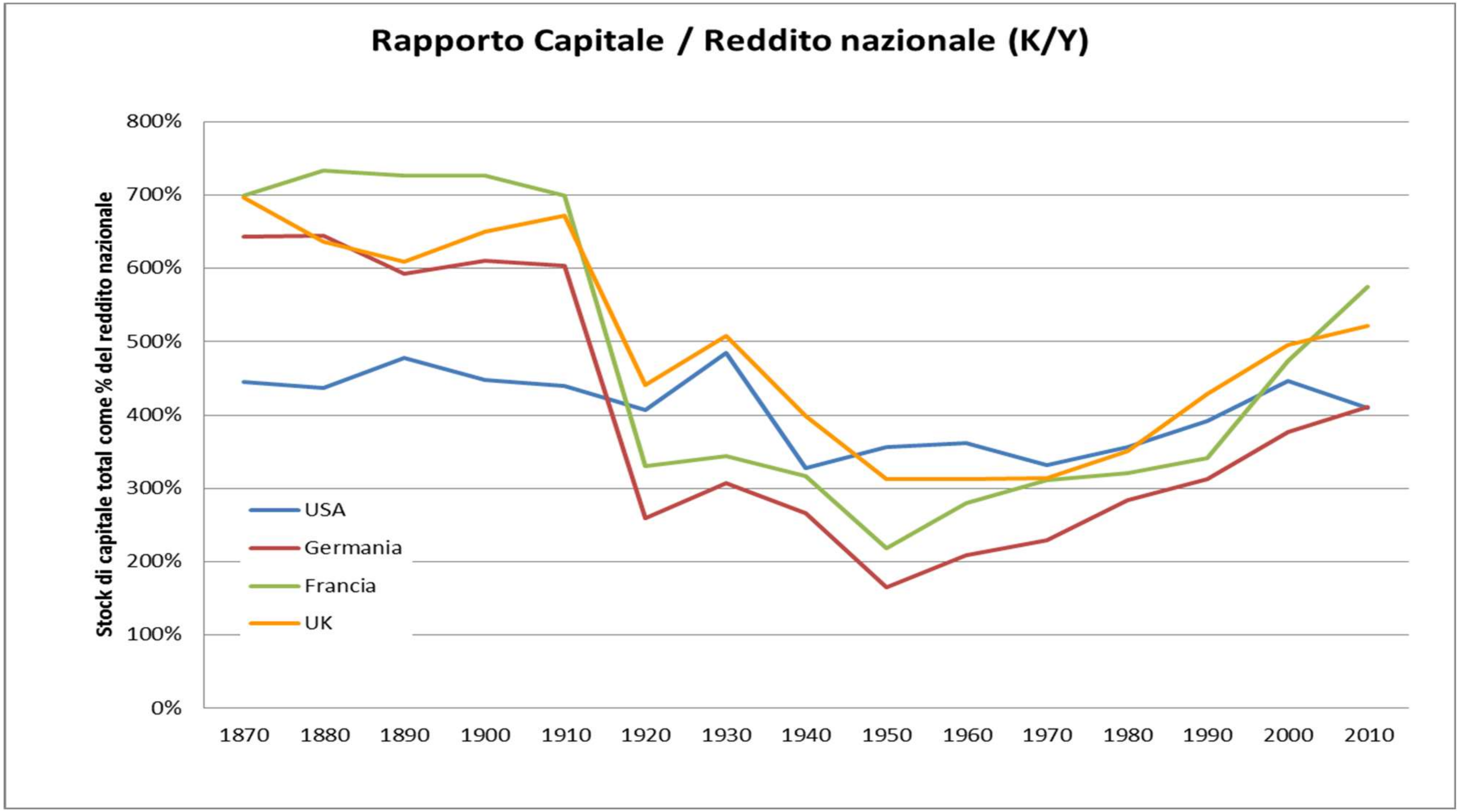
Cruciale: *il motore della crescita del PIL procapite è il progresso tecnico:* ***g***

Se ***g* = 0**, niente crescita (procapite).

Fatti empirici e teoria della crescita neoclassica

Il modello di Solow ha punti forza e punti di debolezza, come spiegazione scientifica:

- Punto di forza: ***Y***/***L*** e ***K***/***L*** crescono allo stesso tasso (***g***), così ***K***/***Y*** dovrebbe essere costante… questo in effetti si osserva nei dati – Es. rapporto K/Y per alcuni paesi (1870–2010) :

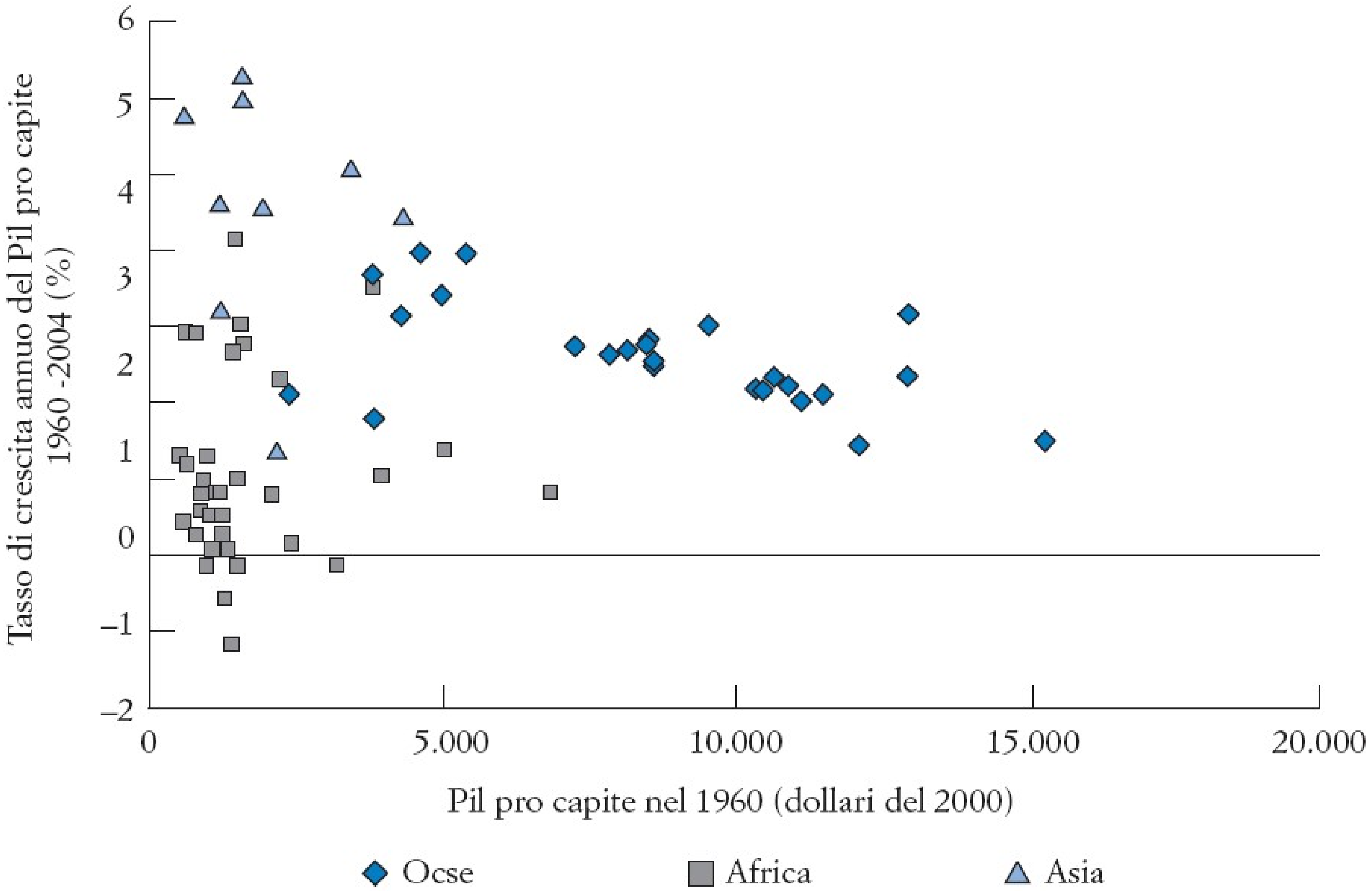


Fonte: Thomas Piketty, *Capital in the XXI Century.* Online data: http://piketty.pse.ens.fr/en/capital21c2

Fatti empirici e teoria della crescita neoclassica

- Punto di debolezza: il modello predice ***convergenza*** **:** la tecnologia si diffonde tra i paesi nel lungo termine, e quindi questi dovrebbero tendere a situazioni simili

NON è vero – i dati lo smentiscono.



Gruppi di paesi tendono a comportarsi in modo omogeneo – ma i gruppi mostrano sentieri di crescita diversi.

Fatti empirici e teoria della crescita neoclassica

Cause:

- Paesi diversi hanno stati stazionari diversi
- Non conta solo il capitale fisico, ma anche il ***capitale umano* –** proxy: grado di istruzione della popolazione

Es. analisi di Mankiw, Romer e Weil (1992, *A contribution to the empirics of economic growth*):

In questo studio mostrano che:

un modello di Solow integrato col capitale umano spiega bene alcuni fatti empirici della crescita degli ultimi 50 anni a livello mondiale

Se si aggiunge la crescita della popolazione e della tecnologia, la stima dei parametri del modello su dati PWT è in grado di rendere conto dell'80% della variazione di Y/L tra paesi ….

- Altro punto di debolezza del modello di Solow: il motore della crescita è il progresso tecnico ***g*** , ma esso è interamente ***esogeno*** nel modello…

EFFICIENZA e INEFFICIENZA DINAMICA

Ricordiamo la regola aurea – per il livello $\boldsymbol{k_{GOLD}}$, deve valere:

$$PMK_{gold} = \frac{df(k)}{dk} = \delta + n + g \quad \Rightarrow \quad PMK_{gold} - \delta = n + g$$

Ora, la *PMK* effettiva di un sistema economico può essere stimata con dei dati macro

… così come i valori dei parametri e delle esogene rilevanti: ***n, g,*** e ***δ*** *.*

Ciò consente di capire se l’economia è «dinamicamente efficiente», cioè alloca risorse – soprattutto i risparmi – in modo da massimizzare il benessere di lungo periodo (consumo di st.staz.)

Alcuni studi mostrano che dei paesi tendono ad avere $PMK - \delta > n + g$
E quindi ad essere dinamicamente inefficienti…

… ma altri paesi no – ad esempio il famoso studio di Abel, Mankiw, Summers e Zeckhauser (1989) per gli USA.

Politica economica e crescita

Può lo Stato o il Governo attuare efficaci misure per stimolare la crescita?

Questione complessa – e con scarso consenso (in fondo per ovvi motivi…);
alcuni punti sembrano relativamente accettati:

- Investire in grandi infrastrutture : crea basi per molti settori produttivi e importanti esternalità positive;

- Potenziare ed estendere l'istruzione della popolazione – già visto: accresce il capitale umano e l'efficacia dei lavoratori

- Favorire o installare le giuste istituzioni – però non sempre è possibile scegliere o progettare istituzioni

- Soprattutto: stimolare e potenziare il ***progresso tecnologico*** **–** è questo il vero motore della crescita

… il punto è che implementare queste linee d'azione – soprattutto le ultime due, le più importanti – non è una cosa semplice o chiara.

TEORIE della CRESCITA ENDOGENA – 1 il modello AK

Cercano di affrontare la principale limitazione (soprattutto teorica) del modello di Solow: *progresso tecnico interamente esogeno*

I modelli che affrontano questo problema sono i ***modelli di crescita endogena***, nei quali la crescita, nel lungo periodo, dipende da variabili quali il tasso di risparmio e il tasso di investimento in istruzione.

Un tipico modello di crescita endogena – il *Modello «AK»* (P. Romer 1986)

Funzione di produzione: $\boldsymbol{Y = A\,KL}$ con $\boldsymbol{A}$ esogeno e costante

→ rendimenti di scala crescenti: $A\,(xK)\cdot(xK) = x^2 A\,KL > xY$

pro capite: $\boldsymbol{Y/L = A\,(K/L)}$ → $\boxed{\boldsymbol{y_t = A\,k_t}}$ $(PMK = A)$

Punto chiave: in Solow la *PMK* era **decrescente –** es. la Cobb-Douglas :

$$\mathbf{PMK} = \frac{df(k)}{dk} = \frac{df(k^{\alpha})}{dk} = \alpha k^{\alpha-1}$$ poiché $\alpha < 1$ **,** la *PMK* è decrescente…

La *PMK* guida anche la rendita del capitale *(**R/P**)*, e man mano che diminuisce, cade anche la convenienza a accumulare capitale.
Ciò però NON accade se la *PMK* è costante, come appunto la ***A*** del modello *AK*

TEORIE della CRESCITA ENDOGENA – 1 il modello AK

Gli altri elementi del modello AK sono come in Solow:

Investimento: $\boldsymbol{sY}$; deprezzamento: $\delta \boldsymbol{K}$; Legge di moto del capitale: $\Delta \boldsymbol{K} = \boldsymbol{sY} - \delta \boldsymbol{K}$

crescita demografica: $(L_{t+1} - L_t)/L_t = \boldsymbol{n}$ e con: $\boldsymbol{y}_t = \boldsymbol{A}\,\boldsymbol{k}_t$ abbiamo:

$$\Delta \boldsymbol{k} = \boldsymbol{s}\,\boldsymbol{A}\,\boldsymbol{k}_t - (\delta + \boldsymbol{n})\,\boldsymbol{k}_t$$

Quindi, se calcoliamo il tasso di crescita di $k = K/L$: $\frac{\Delta \boldsymbol{k}}{\boldsymbol{k}_t} = \boldsymbol{sA} - (\delta + \boldsymbol{n}) \ldots = \frac{\Delta \boldsymbol{y}}{\boldsymbol{y}_t}$

Pertanto, se $\boldsymbol{sA} > \boldsymbol{\delta} + \boldsymbol{n}$, *si può avere crescita stabile, anche senza* ***g***

… e il tasso di crescita dell'economia dipende da ***s*** **!**

Il risultato è dovuto ai *rendimenti di scala crescenti* → possibili loro cause:

Soprattutto *esternalità nelle conoscenze tecniche-economiche*: le conoscenze – le *idee* su come produrre, come usare i macchinari, ecc. – sono *non-rivali*: l'uso di nuove e/o migliori conoscenze da parte di un'impresa non ne preclude l'uso da parte di altre – sono, parzialmente, un *bene pubblico*. Quindi la diffusione di conoscenze nuove e migliori nell'economia può prevenire la caduta della *PMK*.

TEORIE della CRESCITA ENDOGENA – 2 crescita e produzione di idee

Un modello a due settori:
(semplificazione di P. Romer, 1990 *Endogenous Technological Change*, Journal of Political Economy)

- **Manifattura:** le imprese producono beni
- **Ricerca (**e sviluppo**):** es. università o centri di ricerca che producono nuova conoscenza che può incrementare la ***E**,* l'efficienza del lavoro → o anche: *stock delle «idee»* (progetti, schemi concettuali, ecc. per fare cose o attuare processi)

Frazione dei lavoratori impiegati nel settore della ricerca: u → esogeno per ipotesi

Funzione di produzione dei beni: $Y = K^{\alpha} [(1-u)EL]^{1-\alpha}$ a Rend.Scala Cost.

Funzione di produzione delle «idee»: $\Delta E = \omega uLE$ cioè: $\Delta E/E = \omega uL$ ($\omega > 0$)

Accumulazione di capitale: $\Delta K = sY - \delta K$

Il modello ha uno st-staz. in parte simile a Solow: supponendo popolazione costante, $L = 1$, il tasso di crescita di equilibrio è:

$$\frac{\Delta Y}{Y} = \frac{\Delta K}{K} = \frac{\Delta E}{E} = \omega u$$

… ed s *non influenza* il tasso di crescita – ma u sì !

TEOREIE della CRESCITA ENDOGENA – 2 raffinamenti del modello

ω = (Δ*E/E*) / *uL* è la «produttività della ricerca»: tasso di crescita delle idee diviso l' «impegno nella ricerca»

Problemi empirici con la funzione di produzione Δ***E/E*** = ***ω uL*** →

- Implica una produttività della ricerca ***ω*** costante … ma le analisi empiriche
- mostrano che il rapporto decresce in modo marcato nel lungo periodo

Ma se ***ω*** cade nel tempo, come può mantenersi un tasso di crescita del PIL stabile nello stato stazionario? (dato che Δ***Y/Y*** = Δ***E/E***)

Ipotesi più realistiche sulla funzione di produzione delle idee:

$$\frac{\Delta E}{E_t} = \omega \, uL_t \, E_t^{-\gamma} \qquad \text{con } \gamma > 0$$

man mano che lo stock di conoscenze cresce, le nuove idee diventano sempre più difficili da trovare ($E_t^{-\gamma}$) – se si vuole mantenere costante il tasso Δ***E/E***, occorre immettere nel sistema sempre più ricercatori (uL_t)

Se inoltre adottiamo una $Y = F[K, (1-u)EL]$ a *rendimenti di scala crescenti* nei tre input *K, L* ed *E,* assieme a $(L_{t+1} - L_t)/L_t = n$ → il modello spiega bene la natura generale della crescita in accordo con le evidenze empiriche

R&S, CONOSCENZA ED INNOVAZIONE TECNOLOGICA

La «produttività della ricerca» $(\Delta E/E) / uL$ è anche approssimata dalla spesa in R&S – i livelli di spesa in R&S dipendono da:

- la fertilità del processo di ricerca;
- l'appropriabilità dei risultati della ricerca.

Fertilità della ricerca: in che misura la spesa in ricerca e sviluppo si traduce in nuove idee e nuovi prodotti.

- La fertilità della ricerca dipende dall'*interazione tra ricerca di base e ricerca applicata*. La ricerca di base non conduce di per sé al progresso tecnologico.

- Il *sistema educativo* ha un ruolo importante nello sviluppo e nel successo della ricerca di base.

- Le potenzialità di una scoperta si realizzano pienamente solo *dopo un certo periodo di tempo* (es. legge di Moore).

Produttività/fertilità della ricerca pura o applicata hanno importanti aspetti di ***esternalità***

R&S, CONOSCENZA ED INNOVAZIONE TECNOLOGICA

Appropriabilità dei risultati della ricerca:
se le imprese non possono appropriarsi dei profitti generati dai nuovi prodotti, gli investimenti in ricerca e sviluppo diminuiranno e il progresso tecnologico subirà un rallentamento.

L'appropriabilità dipende da:

- la natura del processo di ricerca
- il grado di protezione accordata ai nuovi prodotti dalla legislazione dei brevetti

In generale, dalla natura delle ***istituzioni economiche*** *;* quanto favoriscono la

Distruzione creatrice – concetto sviluppato da Joseph Schumpeter

(cfr. ad esempio, D. Acemoglu e J. Robinson (2012) *Perché le nazioni falliscono*)

INNOVAZIONE e ISTITUZIONI ECONOMICHE

Tra le istituzioni principali (evidenziate da Acemoglu e Robinson e altri autori, vi sono le : *istituzioni economico-politiche → Diritti di proprietà*

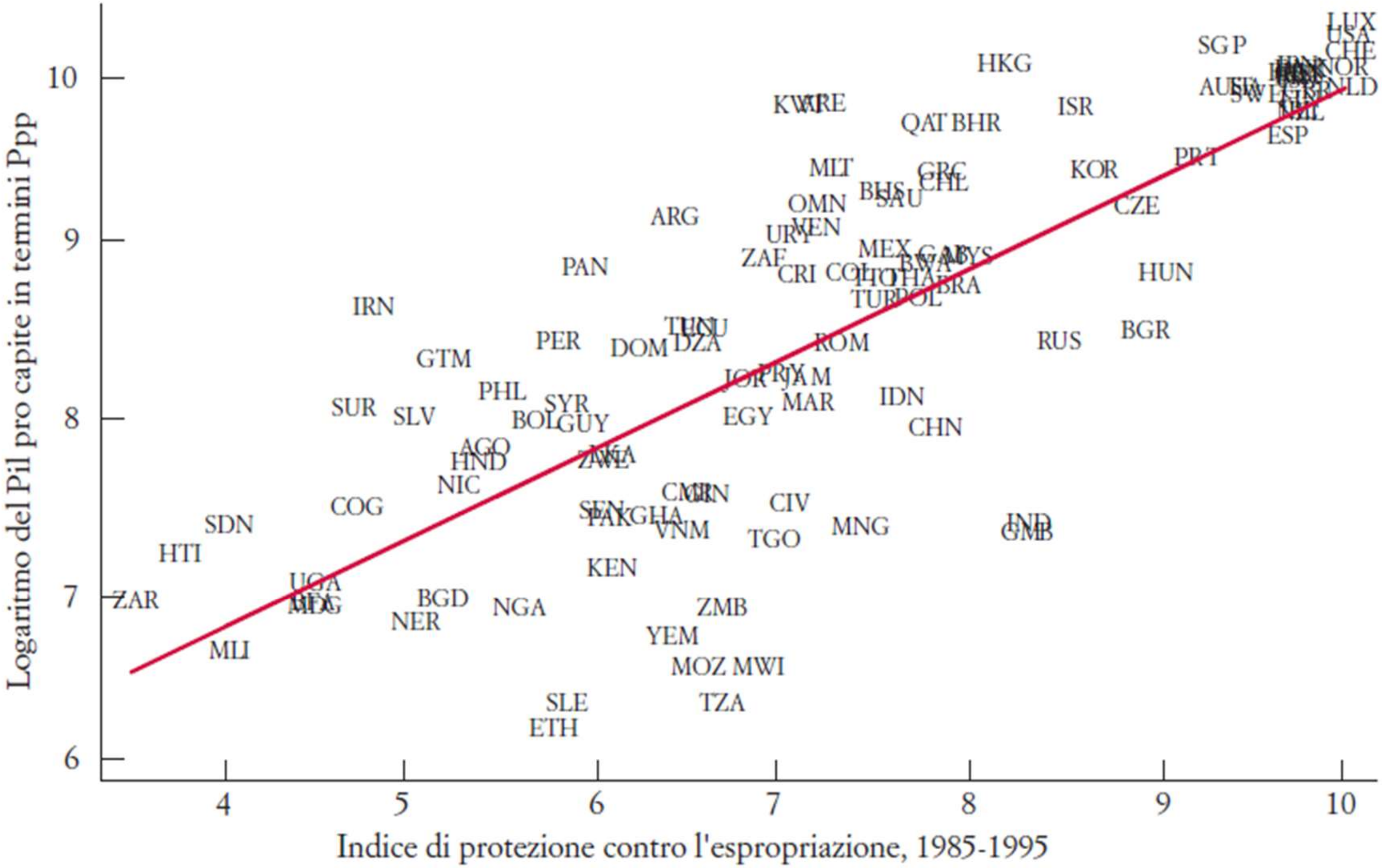


FIG. 12.5. Protezione contro l'espropriazione e Pil pro capite.

C'è una forte correlazione positiva tra il grado di protezione contro l'espropriazione e il livello del Pil pro capite.

Fonte: Daron Acemoglu, *Understanding Institutions*, Lionel Robbins Lectures, 2004, London School of Economics.

Quando i diritti di proprietà sono tutelati, si hanno incentivi a investire in attività rischiose e al ungo termine…