

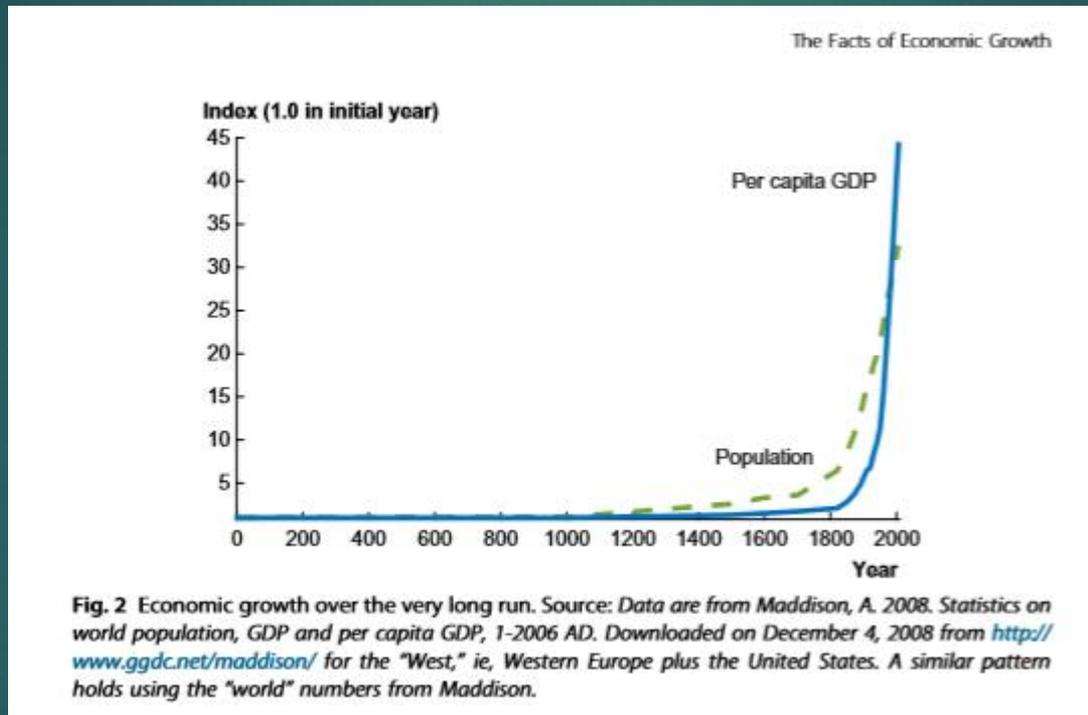


# La crescita economica Il modello di Solow

# La crescita economica la crescita del prodotto potenziale

- ▶ Come cambia il reddito potenziale?
- ▶ Il modello di crescita di Solow (1956) (Robert Solow, premio Nobel per l'economia nel 1987, nato nel 1924 a New York)
- ▶ Modello capostipite di una lunga serie di lavori che cercano di spiegare perché alcuni paesi sono ricchi e altri poveri e cosa determina il cambiamento della loro posizione nel tempo
- ▶ quali sono le determinanti della crescita economica?

# La crescita economica



Jones : Facts of economic growth

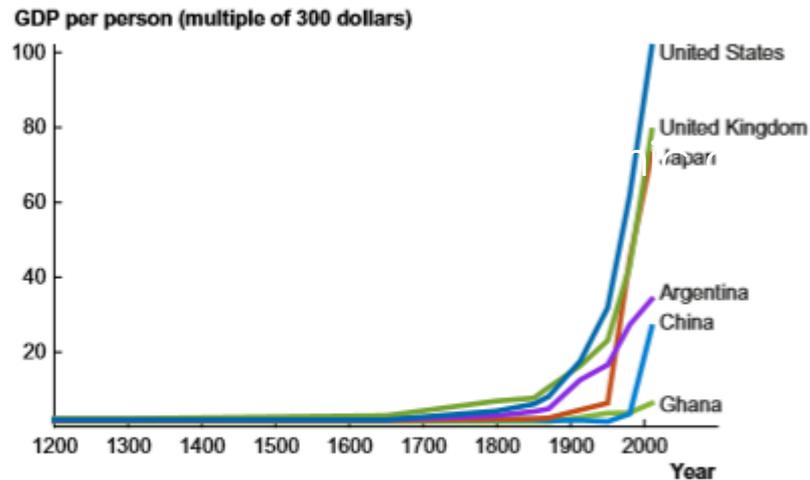
# Divergenza

“The Great Divergence.”<sup>14</sup> Fig. 21 illustrates this point. GDP per person differs modestly prior to the year 1600 according to The Maddison Project data. For example, GDP per person in the year 1300 ranges from a high of \$1620 in the Netherlands (in 1990 dollars) to a low of \$610 in Egypt. But Egypt was surely not the poorest country in the world at the time. Following an insight by Pritchett (1997), notice that the poorest countries in the world in 1950 had an income around \$300, and this level—less than one dollar per day—seems very close to the minimum average income likely to prevail in any economy at any point in time. Therefore in 1300, the ratio of the richest country to the poorest was on the order of  $\$1620/\$300 \approx 5$ . Even smaller ratios are observed in Maddison’s data prior to the year 1300.

Fig. 21 shows how this ratio evolved over time for a small sample of countries, and one sees the “Great Divergence” in incomes that occurs after the year 1600. The ratio of richest to poorest rises to more than 10 by 1870 (for the United Kingdom) and then to more than 100 by 2010 (for the United States). Across the range of countries, rapid growth takes hold at different points in time. Argentina is relatively rich by 1870 and growth takes off in Japan after World War II. In 1950, China was substantially poorer than Ghana—by more than a factor of two according to Maddison. Rapid growth since

# Il processo di crescita

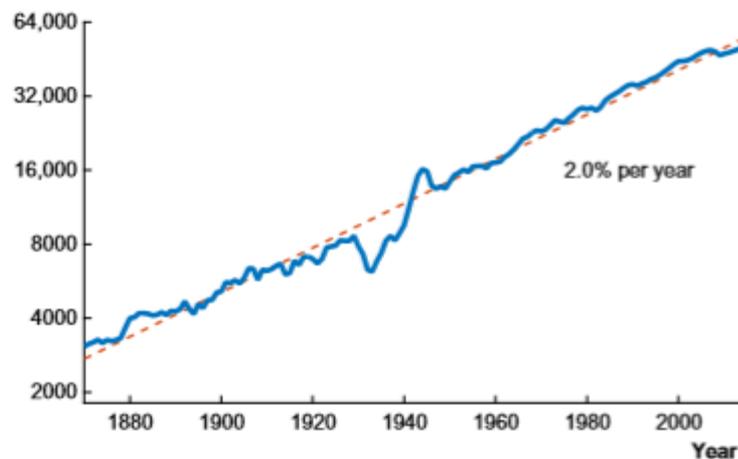
## La grande divergenza?



**Fig. 21** The great divergence. Note: The graph shows GDP per person for various countries. The units are in multiples of 300 dollars and therefore correspond roughly to the ratio between a country's per capita income and the income in the poorest country in the world. Source: Bolt, J., van Zanden, J.L. 2014. *The Maddison Project: collaborative research on historical national accounts. Econ. Hist. Rev.* 67 (3), 627–651.

# Crescita

Log scale, chained 2009 dollars



**Fig. 1** GDP per person in the United States. Source: Data for 1929–2014 are from the U.S. Bureau of Economic Analysis, NIPA table 7.1. Data before 1929 are spliced from Maddison, A. 2008. Statistics on world population, GDP and per capita GDP, 1-2006 AD. Downloaded on December 4, 2008 from <http://www.ggd.net/maddison/>.

# Le ipotesi di base del modello

- ▶ Il capitale  $K$  cambia nel tempo a seguito degli investimenti e dell'ammortamento dello stock di capitale
- ▶ Market clearing: mercati sempre in equilibrio
- ▶ Risparmi = investimenti; domanda = Offerta
- ▶ Economia chiusa ( $NX = 0$ )
- ▶ assenza di  $G$  e  $T$

# Il modello di Solow Un modello in termini di variabili pro-capite

- ▶ La variabile presa in esame non è il  $Y$  in valore assoluto, ma il reddito pro-capite (il reddito per lavoratore),  $Y/L$
- ▶ Tutte le variabili vanno essere espresse in termini **pro capite** (per lavoratore) e sono denotate con lettere minuscole

$$y = Y/L$$

$$k = K/L$$

$$c = C/L$$

$$i = I/L$$

- ▶ *utilizzando variabili pro capite si possono confrontare economie di dimensioni diverse.*

# La funzione di produzione

Funzione di produzione

*ha rendimenti di scala costanti per cui*

$$zY = F(zK, zL)$$

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

dividiamo per L ( numero di lavoratori) e otteniamo

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

e se  $y = Y/L$  e  $k = K/L$

possiamo scrivere

$$**y = f(k, 1)**$$

La PMK la produttività marginale del capitale per lavoratore è decrescente

# La domanda aggregata

$$C/L=c$$

$$I/L = i$$

Il prodotto per lavoratore  $y$  è destinato a consumi e investimenti:

$$y= c+i$$

Si suppone che venga **risparmiata** un **quota fissa** del reddito ( $s$ ) per cui il consumo è uguale a:

$$c=(1-s)y$$

$$y= (1-s)y +i$$

# Equilibrio domanda-offerta

$$i=sy$$

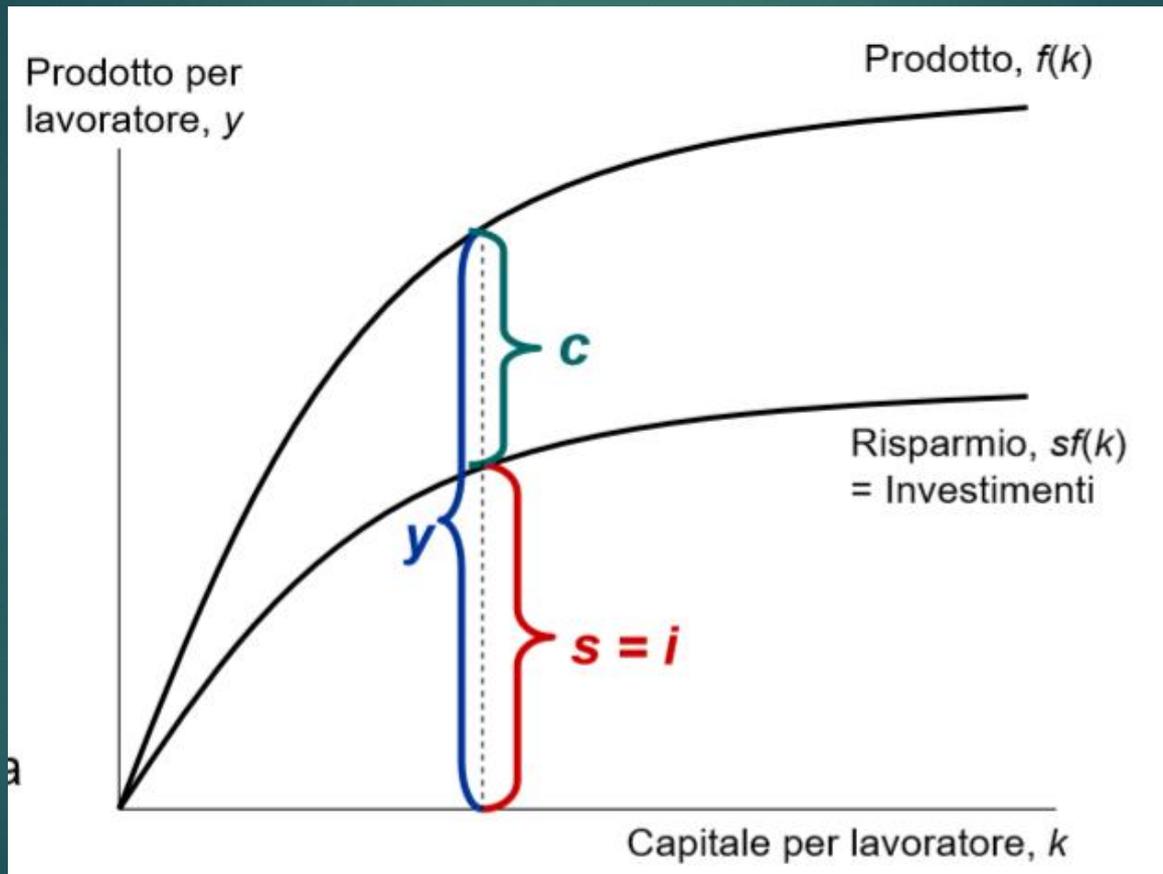
**La** condizione di equilibrio, come nel modello di lungo periodo prevede l'uguaglianza tra risparmi e investimenti

e poiché

$$i=sy \quad \text{e} \quad y = f(k)$$

è vero anche  $i=sf(k)$

# Risparmio e investimento



# Il deprezzamento del capitale

- ▶ Definiamo **deprezzamento** del capitale il fenomeno per cui nel tempo il capitale si logora
- ▶ Il *tasso di ammortamento* è la percentuale di capitale che deve essere rimpiazzato in ciascun periodo di tempo per mantenere inalterato lo stock di capitale esistente.
- ▶ Il **tasso di ammortamento** viene indicato con la lettera  $\delta$
- ▶ Possiamo rappresentarlo nel grafico con una linea retta che parte dall'origine

# L'accumulazione del capitale

- ▶ Se gli investimenti sono maggiori del deprezzamento

$$sf(k) > \delta k$$

lo stock di capitale cresce

- ▶ Se gli investimenti sono inferiori al deprezzamento

$$sf(k) < \delta k$$

lo stock di capitale si riduce

La funzione di accumulazione del capitale è:

$$\dot{k} = sf(k) - \delta k$$

# Stato stazionario ( equilibrio di lungo periodo)

- ▶ Lo stato stazionario è caratterizzato da

$$\Delta k = 0$$

- ▶ Poiché la funzione di accumulazione del capitale è data da:

$$\Delta k = sf(k) - \delta k$$

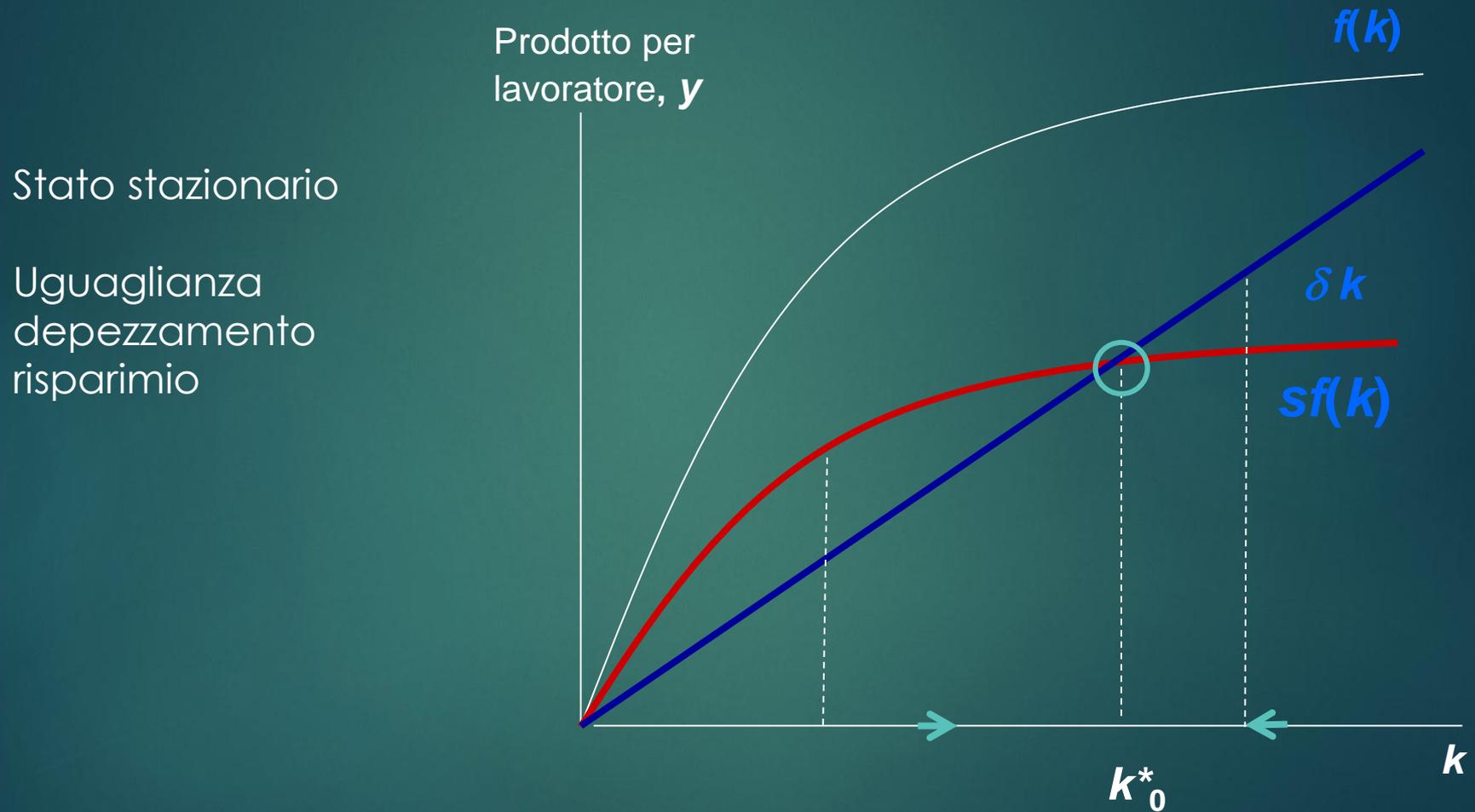
Avremo:

$$0 = sf(k^*) - \delta k^*$$

$$sf(k^*) = \delta k^*$$

- ▶ Gli investimenti (e il risparmio) sono uguali all'entità del deprezzamento del capitale

# Stato stazionario



# Analisi del grafico

- ▶ Sul grafico possiamo ora confrontare
  - ▶ l'entità del deprezzamento
  - ▶ come il reddito per lavoratore si suddivida tra consumi e investimenti (=risparmi)
  - ▶ infine se l'investimento nell'economia sia maggiore o minore del deprezzamento del capitale

# Il ruolo dell'accumulazione di capitale (e quindi degli investimenti) nel determinare $y$ .

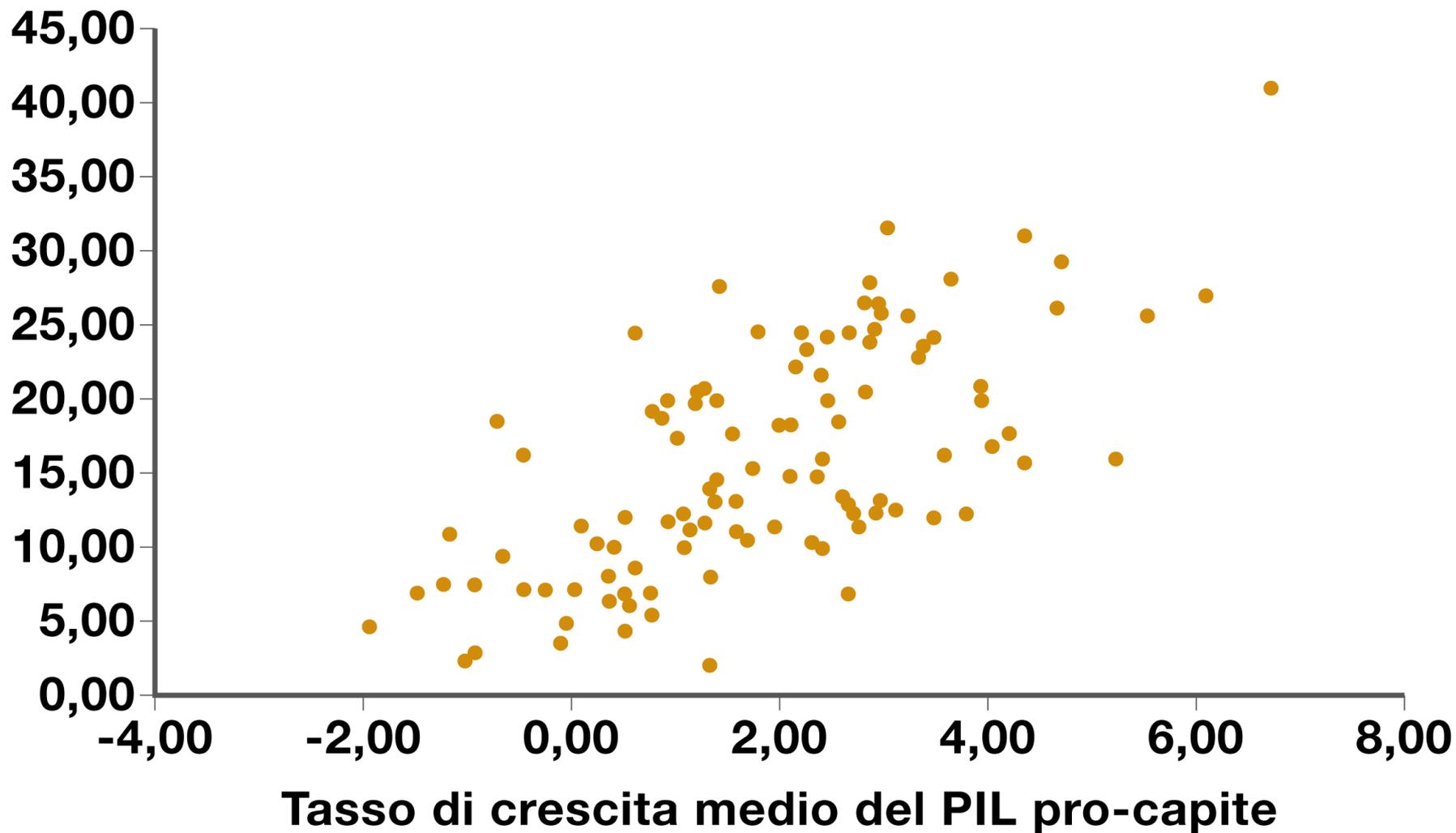
▶ Al crescere di  $k$   cresce  $y$

▶ Quindi se gli investimenti pro-capite sono maggiori del tasso di deprezzamento del capitale



▶ Il capitale per lavoratore,  $k$ , cresce, e il  $y$ , cresce anch'esso

**Quota degli investimenti sul PIL**



# Equilibrio di stato stazionario

In equilibrio la variabile endogena  $k^*$  non varia.

Questo implica che anche il reddito e il consumo di stato stazionario non variano:

$$y^* = f(k^*)$$
$$c^* = sf(k^*)$$

# Risparmio e crescita

Una variazione del tasso di risparmio comporta una modifica del livello degli investimenti.

Se il tasso di risparmio aumenta, la curva  $sf(k)$  si sposta verso l'alto

Per ogni livello di capitale una parte maggiore di produzione viene destinata ai risparmi e investita.

# Risparmio e crescita

Il capitale di stato stazionario  $k^*$  cresce con il tasso di risparmio.

Ma poiché  $y = f(k^*)$  anche la produzione pro capite è positivamente correlata con il tasso di risparmio

Il modello di Solow predice che i paesi con tassi di risparmio e investimento più elevati abbiano (in stato stazionario) un livello di reddito pro-capite anch'esso più elevato

# Un problema: consumi e risparmio

- ▶ Ma...il benessere è massimo quando i consumi sono massimi... vi è allora una possibile contraddizione con la conclusione precedente che saggi di risparmio più elevati consentono un maggior reddito di stato stazionario?

# Quale tasso di risparmio è desiderabile?

## La regola aurea: “golden rule”

La risposta all'apparente contraddizione è che l'opzione migliore è quella di **scegliere quel valore di  $s$**

**che massimizza i consumi di stato stazionario**

Si osservi che partendo con bassi tassi di risparmio il consumo di stato stazionario prima cresce e poi cala

Il tasso di risparmio di golden rule  $s_{gold}$  è individuato dal punto in cui la funzione di produzione ha la medesima inclinazione di quella del saggio di deprezzamento

$$MPK = \delta$$

# La scelta del saggio di risparmio

L'economia non tende al capitale di regola aurea automaticamente. Solo se il tasso di risparmio è quello compatibile con l'ottenimento di  $k^*$ gold il consumo viene massimizzato.

Se così non è allora l'ottenimento della produzione di regola aurea richiede un cambiamento del tasso di risparmio.

# Effetti di un cambiamento del saggio di risparmio

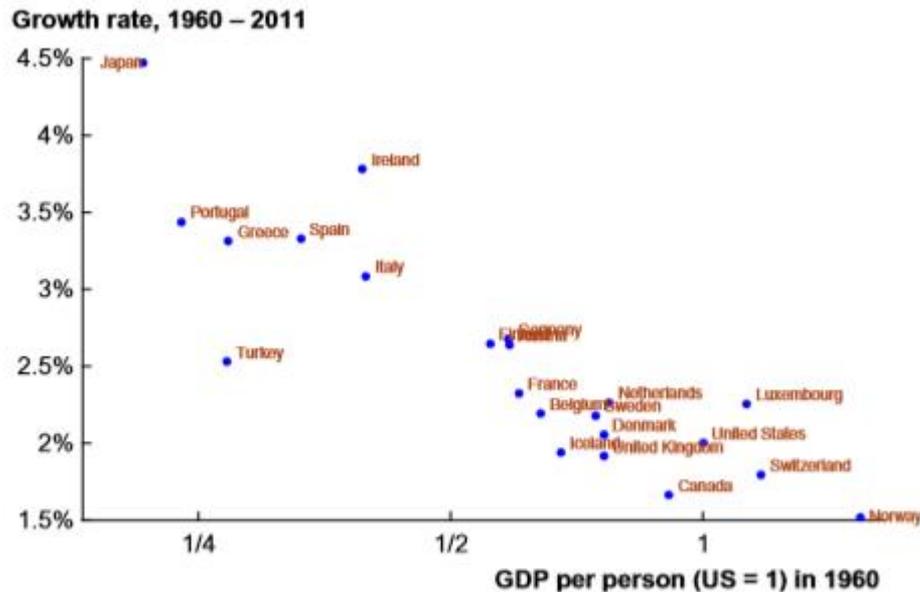
Se il  $k$  iniziale è troppo basso, aumentando  $s$  si ottiene un aumento di  $c^*$

*Il consumo è superiore a quello iniziale nel lungo periodo (per definizione) ma nel breve periodo diminuisce per permettere l'accumulazione di capitale.*

Se il  $k$  iniziale è troppo alto Un aumento di  $c^*$  è ottenibile con una riduzione di  $s$ .

*Il consumo è superiore a quello iniziale durante la transizione all'equilibrio*

# Convergenza OECD



**Fig. 25** Convergence in the OECD. Source: *The Penn World Tables 8.0*. Countries in the OECD as of 1970 are shown.

Jones : Facts of economic growth

Uno dei più famosi grafici della ricerca empirica sulla crescita

# Convergenza nel mondo

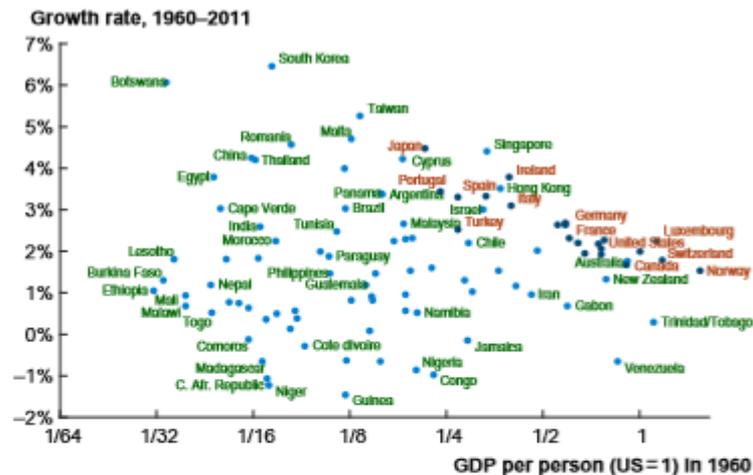


Fig. 26 The lack of convergence worldwide. Source: *The Penn World Tables 8.0*.

the United States—grew more slowly. The pattern is quite strong in the data; a simple regression line leads to an R-squared of 75%.<sup>11</sup>

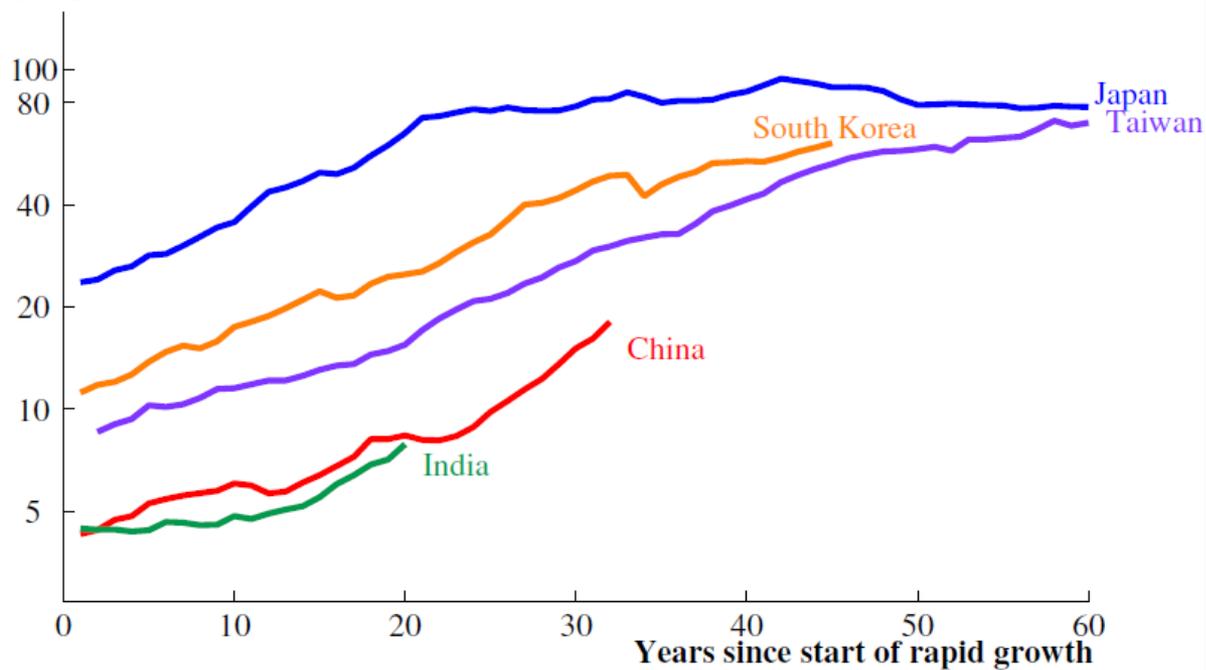
Fig. 26 shows that a simplistic view of convergence does not hold for the world as a whole. There is no tendency for poor countries around the world to grow either faster or slower than rich countries. For every Botswana and South Korea, there is a Madagascar and Niger. Remarkably, 14 out of the 100 shown in the figure exhibited a negative growth rate of GDP per person between 1960 and 2011.

Jones : Facts of economic growth

# Catching up

## The Dynamics of Catch-Up Growth

GDP per person (US=100)



# Riepilogo

- ▶ Crescita del reddito pro capite
- ▶ L'accumulazione di capitale nel processo di crescita
- ▶ Lo stato stazionario
- ▶ Il ruolo del risparmio per determinare  $y$  di stato stazionario
- ▶ Risparmio o consumo: la regola aurea

# Le conclusioni principali del modello di Solow

- ▶ Solo il tasso di crescita della tecnologia ( o dell'efficienza per lavoratore) può influenzare il tasso di crescita dell'economia (il parametro che controlla i rendimenti decrescenti del capitale)
- ▶ Tutti gli altri parametri non hanno effetto sul tasso di crescita di stato stazionario;
  - ▶ In particolare il saggio di risparmio **non influenza la crescita di stato stazionario**
  - ▶ Un elevato saggio di risparmio sollecita **un più elevato saggio di crescita nella fase di transizione** determinando una maggiore accumulazione di capitale

# I risultati di Solow

Nell'articolo *Technical Change and the Aggregate Production Function*, RES, 1957, Solow prende in esame i dati relativi agli USA per il **periodo 1909-1949** e attribuisce la crescita media della produzione pari al 2,9% in questa misura ai diversi fattori:

**0,32%** contributo del **capitale**

**1,09 %** contributo del **lavoro**

**1,81%** contributo del **progresso tecnologico**

# Convergenza assoluta o condizionale

- ▶ Il modello predice che, a parità di condizioni, i paesi poveri (con  $Y/L$  e  $K/L$  inferiori) dovrebbero crescere più velocemente di quelli ricchi in quanto caratterizzati da una  $PMK$  superiore (convergenza assoluta)

## Convergenza condizionale

- ▶ Ogni paese converge al "suo" stato stazionario che dipende da una serie di variabili (comprese le istituzioni formali e informali) che possono essere diverse tra i paesi
- ▶ La mancata convergenza può essere dovuta a differenze di risparmio, crescita della popolazione e disponibilità di capitale umano

# La crescita endogena

- ▶ Nel modello di Solow, la crescita di stato stazionario dipende dal progresso tecnologico e quindi dal miglioramento dell'efficienza produttiva. Ma il progresso tecnologico è una variabile **esogena**.
- ▶ **I modelli di crescita endogena**  
si propongono di superare questo limite e di spiegare il tasso di crescita del reddito e del tenore di vita come una variabile endogena, spiegata dal modello.

# Crescita endogena

L'analisi si fonda essenzialmente su due elementi:

a) abbandonare l'ipotesi di produttività marginale del capitale decrescente

b) dare un fondamento microeconomico alle scelte relative al miglioramento dell'efficienza del lavoro e del progresso tecnico

Un ruolo fondamentale nell'analisi è svolto

- dell'accumulazione di capitale umano
- della produzione di conoscenza e dall'innovazione

# Le politiche per promuovere la crescita

## Variare il saggio di risparmio

Quali politiche possono permettere un aumento del tasso di risparmio nazionale?

- Aumentare il risparmio **pubblico**: ridurre il deficit o aumentare il surplus.
- Aumentare il risparmio **privato** attraverso diversi incentivi:
  - Aumentando la redditività degli investimenti: riduzione della tassazione sui profitti
  - Riduzione delle imposte sui redditi (e aumento di quelle sui consumi come l'imposta sul valore aggiunto)
  - Esenzioni fiscali sui piani previdenziali

# Le politiche per promuovere la crescita

Nella realtà esistono diversi tipi di capitale produttivo.

- ▶ Capitale **privato** (impianti, macchinari, ...)
- ▶ Capitale **pubblico** (infrastrutture, autostrade, ...)
- ▶ Capitale **umano**: le conoscenze abilità acquisite con il processo educativo, il lavoro ("learning by doing"), l'apprendistato, ecc.

# Esternalità e politiche pubbliche

L'esistenza di esternalità positive nella creazione di conoscenza suggerisce che il settore privato NON possa fare abbastanza ricerca e sviluppo (esternalità positive  sottoproduzione)

Alcune stime empiriche: la R&S crea un 40% di esternalità sociali positive

- ▶ Il governo dovrebbe incoraggiare la ricerca e sviluppo.

# Le politiche per promuovere la crescita

## Incentivare il progresso tecnologico

- ▶ Protezione dei **brevetti**: incoraggia l'innovazione garantendo un monopolio temporaneo (nuovi prodotti e beni capitali)
- ▶ Politiche fiscali di incentivo alla **ricerca e sviluppo**
- ▶ Fondi e borse di studio per incoraggiare la **ricerca** di base

# Produttività totale dei fattori: solo progresso tecnico?

- ▶ Il ruolo delle istituzioni: filone di ricerca che spiega le differenze nei tassi di crescita dei diversi paesi con variabili che rappresentano le istituzioni.
- ▶ Indicatori della qualità delle istituzioni sono forniti ormai da alcuni anni dalla WB; Heritage foundation..

# La crescita della popolazione

- ▶ Fino a questo momento abbiamo considerato la popolazione fissa.
- ▶ Immaginiamo ora invece che la popolazione ( e l'occupazione) cresca ad certo tasso ( per es.2 % all'anno)
- ▶ Come cambia la situazione
- ▶ La crescita della popolazione **RIDUCE** la quantità di capitale per lavoratore



# La crescita della popolazione **e**

e la popolazione e la forza lavoro totale crescono a tasso esogeno e costante, definito

$$n \text{ (Var. \% di } L)$$

per mantenere costante il capitale per lavoratore  $k$  deve crescere quindi deve aumentare l'investimento

**Se**  $nk$  capitale e pro capite per i nuovi lavoratori **e ricordando che**  $dk$  è l'ammortamento

Il livello di investimento **necessario per mantenere**  $k$  **costante** sarà dato da:

$$dk + nk \text{ cioè } (d + n)k$$

# Lo stato stazionario con popolazione in crescita

La funzione di accumulazione del capitale diventa ora

$$\Delta k = s f(k) - (\delta + n) k$$

Lo stato stazionario è sempre definito dal fatto che il capitale pro capite non cambia

$$\Delta k = 0$$

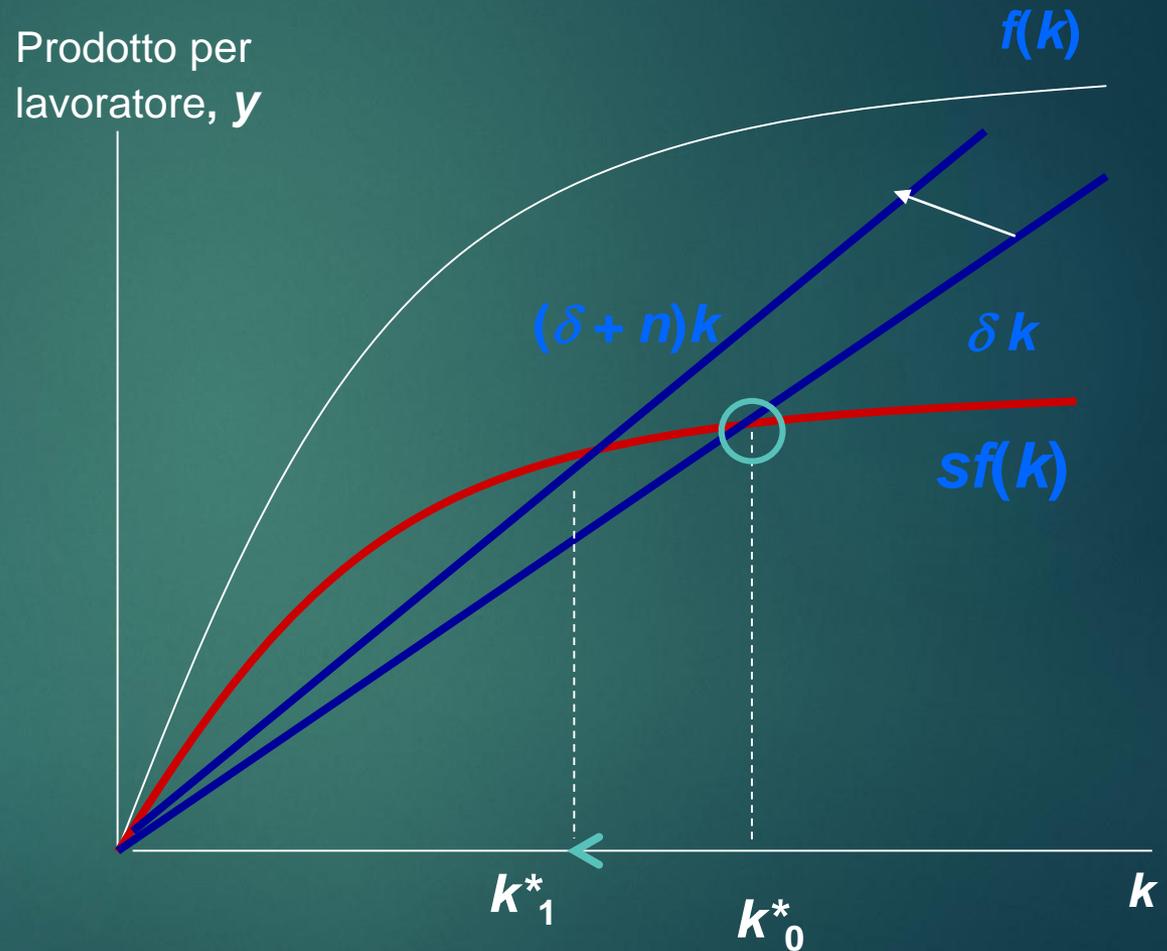
In equilibrio l'investimento deve essere pari alla riduzione del capitale pro capite:

$$s f(k) = (\delta + n) k$$

# L'aumento del tasso di crescita della popolazione

Se la popolazione cresce, il livello di investimento necessario per mantenere  $k$  invariato, cresce

**E la produzione pro capite di equilibrio è inferiore**



# La regola aurea in presenza di crescita della popolazione

Il tasso di risparmio di golden rule **s** **gold** è individuato dal punto in cui la funzione di produzione ha la medesima inclinazione di quella del saggio di deprezzamento più il saggio di crescita della popolazione

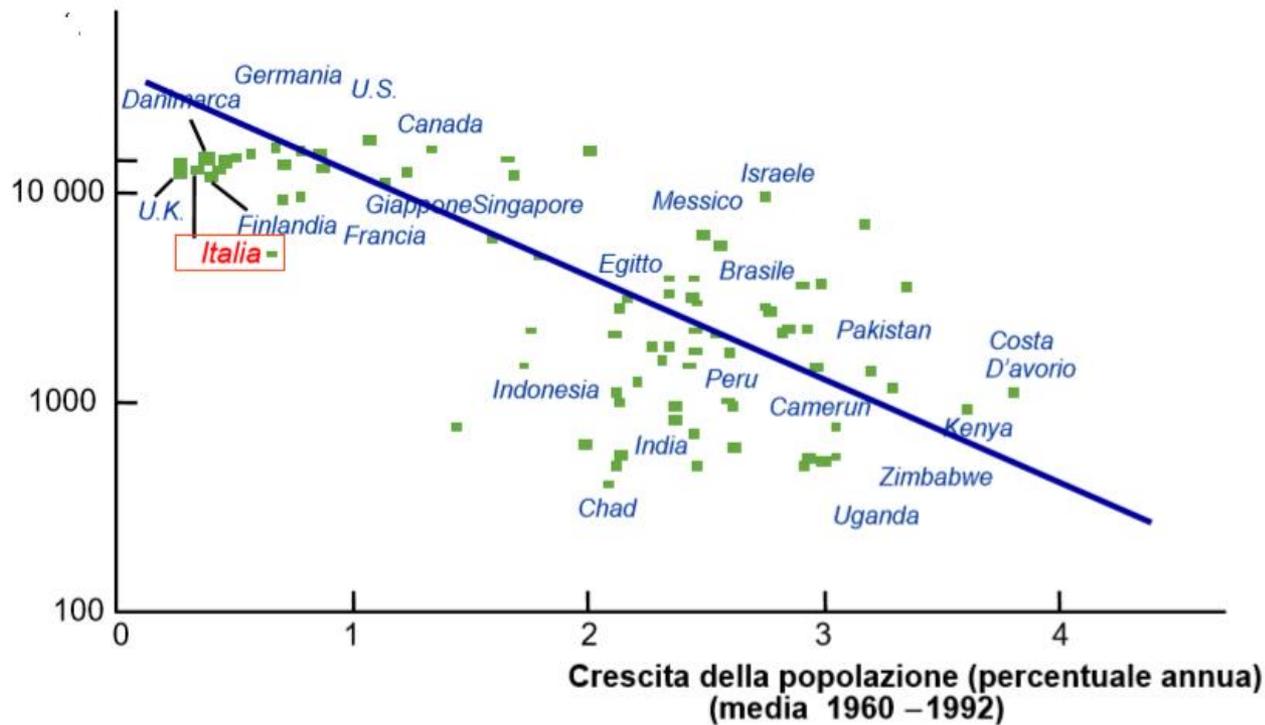
$$MPK = d + n$$

# Effetti della crescita della popolazione

- ▶ Si riduce  $y$  di stato stazionario perché , ceteris paribus,  $k^*$  è più basso
- ▶ Dato che  $k^*$  è minore sarà minore anche  $y^*$
- ▶  I paesi con tassi di crescita della popolazione più elevati avranno  $y$  più bassi
- ▶ In stato stazionario con popolazione in crescita però,  $K$  e  $Y$  crescono ( al tasso  $n$ )

# Crescita della popolazione e reddito pro capite

Crescita della popolazione e reddito pro capite



# Il progresso tecnico

- ▶ Un modo di introdurre il progresso tecnico è di considerare il lavoro in unità di efficienza
- ▶ Denominando  $E$  l'efficienza del lavoro possiamo definire allora l'input di lavoro come  $L \cdot E$
- ▶ E costruire una nuova funzione di produzione in termini di unità di efficienza

# Un cambiamento dell'efficienza del lavoro

La funzione di produzione del modello di Solow:

$$F(K, L)$$

può essere generalizzata per tenere conto della variazione dell'efficienza produttiva:

$$F(K, L \times E)$$

$E$  = efficienza del lavoro e quindi

$L \times E$  = è il numero di lavoratori effettivi .

# Modello con progresso tecnico

$y = Y/LE$  = output lavoratore effettivo

$k = K/LE$  = capitale lavoratore effettivo

Funzione di produzione per **lavoratore effettivo**

$$y = f(k)$$

Risparmio e investimento per lavoratore effettivo

$$s y = s f(k)$$

Se la forza lavoro cresce ad un tasso  $n$  e

l'efficienza ad un tasso  $g$ , il numero di lavoratori  
effettivi crescerà ad un tasso  $n+g$

# Equilibrio di stato stazionario

per mantenere il capitale  
costante sarà ora necessario:

- ▶  $\delta k$  rimpiazzare il capitale
- ▶  $n k$  dotare di capitale i nuovi lavoratori
- ▶  $g k$  dotare di capitale i nuovi lavoratori "effettivi"

$$i = (\delta + n + g) k$$

# Lo stato stazionario con crescita della popolazione e progresso tecnico

Come nel modello base, in stato stazionario il capitale per unità di lavoro effettivo non varia:

$$Dk = s f(k) - (d + n + g)k = 0$$

$$i = s f(k) = (d + n + g)k$$

In questo caso quello che smette di crescere in stato stazionario è il capitale per **unità di lavoro effettivo**

# In sintesi nello stato stazionario

Varaibli		Tasso di crescita di stato staz.
Capitale per lavoratore effettivo	$k = K/L * E$	0
Reddito per lavoratore effettivo	$y = Y/L * E$	0
Capitale per lavoratore	$K/L = k * e$	g
Reddito per lavoratore	$Y/L = y * E$	g
Prodotto totale	$Y = y * E * L$	n+g

# Progresso tecnico

Il progresso tecnico fa aumentare la produttività di uno o più fattori e permette di:

ottenere una **crescita del reddito-pro capite sostenuta nel tempo**: il livello di reddito pro capite di stato stazionario si modifica

# La regola aurea con progresso tecnico e crescita della popolazione

$$PMK = \delta + n + g$$

► ovvero

$$PMK - \delta = n + g$$