

# TEORIE EKONOMICKÉHO RŮSTU

S využitím materiálů od Kåre Bævre, Department of Economics, University of Oslo

## 5 Empirické studie, role lidského kapitálu

Základní literatura: Mankiw, Romer and Weil (1992), Klenow and Rodriguez-Clare (1997), BSiM: 1.2.10-1.2.11, 10.1-10.2,10.5

Doporučená četba: Young (1995), Bil and Klenow (2000), Hsieh (1999), Pritchett (2001)

### 5.1 Růstová ekonometrie: Proč a jak?

- Chceme model (teorii), které nám řekne něco o reálném světě, která vysvětlí data. (např. otázky v sekci 1.2.3)
- Poznámka: Položili jsme si celkem složité otázky. Očekáváme, že naše teorie budou pravdivé? Jaká další kritéria použít?
- Když konfrontujeme teorie s daty, můžeme se na to dívat z několika pohledů.
  1. Testování teorií (Je ‘pravdivá’?)
  2. Posoudit vysvětlovací schopnost teorie (modelu). Kolik toho dokáže vysvětlit?
  3. Ověření stylizovaných fakt (Kaldor (1963))
  4. Nakalibrovat modely a výsledky simulací porovnat s daty
  5. Prozkoumat pravidelnosti v datech vedoucí k novým teoriím
- Co se týče metody, zvolíme tak trochu eklektický přístup.

### 5.2 Úrovňová regrese

- Základní otázka v mnoha studiích ekonomického růstu: Proč jsou některé země bohaté a některé chudé?
- Podíváme se, jak dobře dokážeme vysvětlit rozdíly v úrovni důchodu mezi zeměmi pomocí různých vysvětlujících proměnných.

- Tato analýza je známá pod pojmem *úrovňová regrese (level regression)*

$$\ln((Y/L)_i) = a + b_1 x_{1,i} + b_2 x_{2,i} + \dots + \epsilon_i \quad (1)$$

kde  $x_{j,i}$  jsou vysvětlující proměnné pro zemi  $i$ , a  $\epsilon$  je reziduuum.

- Z produkční funkce víme, že  $Y/L$  závisí na  $K/L$  a  $H/L$ , nebo jako v CD-případě:

$$\ln(Y/L) = \alpha \ln(K/L) + \eta \ln(H/L)$$

Bohužel ale nemůžeme použít kapitál (fyzický a lidský) jako vysvětlující veličinu ( $x_{j,i}$ ) v rovnici (1), protože jsou endogenní (tzn. samy o sobě závisí na  $Y/L$ ).

- Odhad rovnice jako je (1) nám dá vychýlené odhady, pokud tento problém nějak neošetříme. Z ekonometrie víme, že se to dá vyřešit pomocí instrumentálních proměnných. Bohužel najít vhodný instrument je hodně těžké.
- Úrovňová regrese je obvykle formulována trochu jinak a je založena na předpokladu, že všechny země jsou ve steady statu.
- Je to dost hrubá aproximace, ale může to být užitečné, jako první test modelu.
- Víme, že rozšířený Solowův model nám říká, že míry úspor ( $s_k, s_h$ ) a populační růst ( $n$ ) ovlivňují steady statovou úroveň HDP na hlavu  $((Y/L)^*)$ . Nebo jak jsme viděli:

$$\ln((Y(t)/L(t))^*) = \ln(T(t)) + \frac{\alpha}{1 - \alpha - \eta} \ln(s_k) + \frac{\eta}{1 - \alpha - \eta} \ln(s_h) - \frac{\alpha + \eta}{1 - \alpha - \eta} \ln(n + x + \delta) \quad (2)$$

- Předpokládáme, že pozorovaná veličina  $(Y/L)_i$  odpovídá steady statové úrovni pro zemi  $i$ . Potom můžeme odhadnout regresní rovnici tvaru

$$\ln((Y/L)_i) = a + b_1 \ln(s_{k,i}) + b_2 \ln(s_{h,i}) - b_3 \ln(n_i + x + \delta) + \epsilon^i \quad (3)$$

- Všiměte si, že rovnice nezahrnuje specifická data depreciace ( $\delta$ ) pro jednotlivé země, protože ty se obtížně měří (nejsou dostupná) a pravděpodobně se příliš neliší mezi zeměmi.
- Tento přístup (podle MRW) rovněž ignoruje rozdíly v technologiích mezi zeměmi. Tento přístup je založen na těchto třech předpokladech.

- (i) Jelikož je technologie v Solowově modelu exogenní a nevysvětlená, MRW se chtějí podívat, jak daleko se můžou dostat bez zahrnutí technologie mezi vysvětlované proměnné.
- (ii) Technologie ve formě znalostí se mohou volně přelévat mezi zeměmi. To by mělo mít za následek absenci velkých a trvalých technologických rozdílů mezi zeměmi.
- (iii) Není snadné (a často ani možné) pozorovat  $x$  a  $T(t)$  pro jednotlivé země.

- MRW používají průměrnou hodnotu  $x + \delta$  ( $0.02 + 0.03 = 0.05$ ), přesná hodnota není příliš důležitá pro naše výsledky.
- Poznámka: Použití společné úrovnové konstanty  $a$  pro všechny země ale předpokládá, že

$$T_i(t) = a + \varepsilon_i, \quad (4)$$

kde  $a = T(t)$  je průměrná úroveň technologie v čase  $t$  a  $\varepsilon_i$  je náhodná odchylka (country specific) od této úrovně, která je pak zahrnuta v celkovém reziduu  $\varepsilon_i$  pro tuto zemi.

- V ekonometrické terminologii je teoretická rovnice (2) nazývána strukturální rovnicí a rovnice (3) je její redukovaná podoba.
- Z teorie (strukturální rovnice) víme, že musí platit

$$b_1 = \frac{\alpha}{1 - \alpha - \eta} \quad (5)$$

$$b_2 = \frac{\eta}{1 - \alpha - \eta} \quad (6)$$

$$b_3 = \frac{\alpha + \eta}{1 - \alpha - \eta} \quad (7)$$

což implikuje

$$b_1 + b_2 = b_3 \quad (8)$$

což je testovatelná restrikce pro parametry redukované formy  $b_1, b_2, b_3$ .

- Použitím podmínky (8) dostaneme dvě nezávislé rovnice, které můžeme vyřešit pro strukturální parametry  $\alpha$  a  $\eta$  na základě odhadnutých hodnot parametrů redukované formy (MRW nazývají tyto parametry ‘implied’  $\alpha$  a  $\beta$ )
- Ačkoli nám tento posup nabízí pěkný způsob otestování teorie (Solowův model) na datech, vyskytují se zde některé významné problémy.

- Co když jsou odchylky od steady statu důležité?
- Jsou proměnné na pravé straně rovnice exogenní? Nebo  $s_k$ ,  $s_h$  a  $n$  také závisí na  $Y/L$ ?
- Jsou  $s_k$ ,  $s_h$  a  $n$  nezávislé na (country-specific) úrovni technologie (tj.  $T_i(t)$ )? Pokud ne, pak zahrnutí  $\varepsilon_i$  do rezidua  $\epsilon_i$  způsobí korelaci rezidua s vysvětlující proměnnou. Tento problém je znám v ekonometrii jako problém vynechané proměnné (Omitted variable) způsobuje vychýlení odhadu parametrů  $b_1, b_2, b_3$
- Je poměrně obtížné přidat další vysvětlující proměnné (např. politické proměnné) do úrovně regrese, protože jsou pravděpodobně endogenní (závislé na úrovni důchodu).

## 5.3 Zachrání širěji pojatý kapitál Solowův model? MRW (1992)

### 5.3.1 Základní (učebnicový) Solowův model

- MRW, sekce II, autoři provedli úrovně regresi základního Solowova modelu (tj. pouze s akumulací fyzického kapitálu)
- Jejich výsledky (Tabulka I) jsou *kvalitativně* ve shodě s teorií. Koeficienty mají odpovídající znaménka a jsou statisticky významné (ve dvou ze třech vzorcích). Restrikce na stejnou velikost a opačné znaménko koeficientů není zamítnuta.
- ALE:
  1. Vysvětlovací schopnost modelu je celkem malá.
  2. Implikovaná hodnota  $\alpha$  je mnohem větší, než co bychom očekávali z odhadu elasticity na základě podílu kapitálu na důchodu (capital's share of income).
- To je další náznak toho, že bychom měli přehodnotit roli kapitálu a zahrnout do něj i lidský kapitál.
- Poznámka: Alternativní způsob formulace rovnice (2) je

$$\ln(Y(t)/L(t))^* = \ln(T(0)) + xt + \frac{\alpha}{1-\alpha} \ln(s_k) - \frac{\alpha}{1-\alpha} \ln(n+x+\delta) + \frac{\eta}{1-\alpha} \ln(h^*) \quad (9)$$

- Pokud (9) je ten správný model, tak to je jako kdybychom opomenuli proměnnou  $h^*$  při odhadu základního modelu. Protože  $h^*$  je pravděpodobně pozitivně korelováno s  $s_k$ , způsobí to vychýlení parametru. Konkrétněji:  $b_1 = \frac{\alpha}{1-\alpha}$  bude vychýleno směrem nahoru a tím pádem dostaneme příliš vysokou hodnotu implikované  $\alpha$ .

### 5.3.2 Rozšířený Solowův model

- V sekci III provádějí autoři regresi rozšířeného Solowova modelu.
- MRW raději odhadují rovnici (2) než (9). Jejich zdůvodnění je, že  $s_h$  se lépe měří než  $h^*$ . Dalším argumentem je, že  $s_h$  pravděpodobně méně trpí problémy endogenity.
- MRW používají míru zápisu do sekundární úrovně školství (enrollment rate to secondary schooling) jako proxy proměnnou pro  $s_h$ .
- Jejich výsledky jsou zajímavé. Hlavní výsledky:
  1. Měřítko lidského kapitálu je významné ve všech třech vzorcích.
  2. Parametr  $u$  investic do fyzického kapitálu se snížil.
  3. Model vysvětluje značnou část rozdílu důchodů mezi zeměmi ( $R^2 = 0.77$  pro "intermediate sample")
  4. Hodnoty  $\alpha$  a  $\beta$  implikované z odhadnutých koeficientů jsou oba kolem  $1/3$ , což je blízko tomu, co bychom očekávali na základě jiných pozorování.
- Implikovanou hodnotu  $\beta$  můžeme získat i hrubým odhadem

$$\beta \approx (1 - \alpha) \left( 1 - \frac{\text{minimum wage}}{\text{average wage in manufacturing}} \right) \in (1/3, 1/2)$$

- Celkově vzato, výsledky v MRW jsou dobrou zprávou pro Solowův model. Je ve shodě s daty a kapitálová akumulace tak může být odpovědí na otázku, proč jsou některé země bohaté a některé chudé.
- Dost dobrý výsledek pro tak jednoduchý model!
- Studie MRW byla hlavním příspěvkem návratu k neoklasickým modelům ('neo-classical' revival).

## 5.4 Význam vzdělání a měření lidského kapitálu

- Závěry studie MRW byly významně modifikovány pozdějším výzkumem
- Kritika se vedla dvou rovinách:
  1. Metodologické nedostatky i) Endogenita, ii) Opomenutí rozdílů v  $T_i$
  2. Jejich měření míry investic do lidského kapitálu  $s_h$  je chabé.
- Bylo navrženo několik vylepšení v rámci úrovně regrese týkající se první skupiny problémů. K tomu se vrátíme při probírání růstové regrese.
- Zaměříme se na problémy s měřením lidského kapitálu, konkrétně podle článku Klenow and Rodrigez-Clare (1997)
- Jejich přístup je poněkud odlišný. Některým odhadovat  $\alpha$  a  $\eta$  kvůli metodologickým problémům a možnému vychýlení odhadů. Místo toho používají ‘nezávislé’ zdroje pro získání hodnot parametrů a na jejich základě počítají příspěvky jednotlivých vstupů přímo, tj. s

$$\frac{Y}{L} = A \left( \frac{K}{Y} \right)^{\alpha/(1-\alpha-\eta)} \left( \frac{H}{Y} \right)^{\eta/(1-\alpha-\eta)} = AX \quad (10)$$

měří příspěvek  $\left( \frac{K}{Y} \right)^{\alpha/(1-\alpha-\eta)}$  a  $\left( \frac{H}{Y} \right)^{\eta/(1-\alpha-\eta)}$  přímo. Používají  $X = \left( \frac{K}{Y} \right)^{\alpha/(1-\alpha-\eta)} \left( \frac{H}{Y} \right)^{\eta/(1-\alpha-\eta)}$  k označení celkového příspěvku akumulovaných vstupů. Zbytek,  $A$ , je přisouzen úrovni technologie.

- Místo odhadování pomocí regrese používají metodu zvanou varianční dekompozice

$$1 = \frac{\text{var}(\ln(Y/L))}{\text{var}(\ln(Y/L))} = \frac{\text{cov}(\ln(Y/L), \ln(Y/L))}{\text{var}(\ln(Y/L))} = \frac{\text{cov}(\ln(Y/L), \ln(X)) + \text{cov}(\ln(Y/L), \ln(A))}{\text{var}(\ln(Y/L))}$$

- Poznámka: Úváděná kovariance je rovna parametrům z jednoduché regrese  $\ln(X)$  na  $\ln(Y/L)$  a  $\ln(A)$  na  $\ln(Y/L)$ .
- Jelikož MRW předpokládají z definice  $\text{cov}(\ln(X), \ln(A)) = 0$ , je výše uvedená varianční dekompozice rovna  $R^2, 1 - R^2$ .

- Kromě rozdílů v metodologii je hlavním cílem článku ukázat, jak jsou výsledky MRW citlivé na modifikace ohledně měření role lidského kapitálu.
- Jejich hlavní závěr je, že pokud zahrneme i míru zápisu do primární a terciární úrovně školství, hraje lidský kapitál mnohem menší roli (řádek MRW3/4 v Table 1).
- Zejména míra zápisu v primárním školství se mezi zeměmi tolik neliší. Tím, že se MRW zaměřili na sekundární školství, dostali zavádějící výsledek, protože tato veličina nadsadila variabilitu vysvětlované proměnné.
- Dalším rozdílem v metodologii je použití odhadů založených na mikrodatech ohledně míry návratnosti vzdělání (školní docházky) – returns to schooling. Konkrétně použili data z Mincerovy (1974) regrese.
- Mincerova regrese:

$$\ln(w_s) = \ln(w_0) + r s$$

kde  $w_s$  je mzda osoby s  $s$  lety školní docházky. Mikroekonomické studie zahrnují do regrese další kontrolní faktory, takže odhad  $r$  je v podstatě vliv samotné školní docházky na mzdu (*ceteris paribus*).

- Tento model sedí poměrně dobře na datech. Odhady  $r$  jsou překvapivě stabilní, okolo 0.1 v různých studiích. Můžeme použít toto číslo jakou dobrou aproximaci. (Přesněji:  $r = 0.095$ )
- Na základě tohoto měření Klenow a Rodrigez-Claire opět modifikují původní výsledky MRW (viz Table 2). Vlivy se ale tolik neliší jako jejich dřívější odhady MRW4 (nebo BK4).
- Na základě těchto nových výsledků se zdá, že MRW přisoudili příliš velkou roli akumulovaným výrobním faktorům (kapitálu).
- Závěrem můžeme říci, že jak akumulace výrobních faktorů tak rozdíly v technologiích jsou důležité (zhruba 50/50).

## 5.5 Proč je vzdělání profitabilní na mikro úrovni, ale nemá makroekonomické dopady?

- Odhad  $r = 0.1$  v Mincerově regresi na mikro datech ukazuje, že míra návratnosti do vzdělání je vysoká.

- Pritchett (2001) také odhadoval lidský kapitál na základě Mincerovy regrese.
- Jeho odhady růstové rovnice (růst-růst):

$$\gamma_y = a + b_1\gamma_k + b_2\gamma_h$$

dávají záporný parametr  $b_2$ , tj. záporný vliv růstu agregátní úrovně vzdělání na růst agregátní produkce.

- Výsledek je to trochu extrémní, ale ukazuje na konflikt mezi ziskovostí vzdělání na soukromé (mikro) úrovni a slabým (žádným) vlivem na agregátní produkci (na makro úrovni).
- Proč tomu tak je? Pritchett uvádí několik důvodů, z nich
  1. Mezi zeměmi jsou podstatné rozdíly.
  2. Záleží na tom, jak je lidský kapitál použit. Piráctví vs. inženýr v chemické továrně. Role soukromých příležitostí.
  3. Poptávka po vzdělané pracovní síle rostla příliš pomalu v mnoha zemích.
  4. Vzdělání bylo neproduktivní.

## 5.6 Způsobuje vzdělání růst nebo je to obráceně?

- MRW našli kladný vztah (korelaci) mezi mírou vzdělání a výstupem.
- Může to ale být způsobeno obrácenou kauzalitou?
- Vyšší očekávaný růst může způsobit vyšší investice do vzdělání, protože jednotlivci dávají větší váhu budoucímu lidskému kapitálu oproti současným (alternativním) nákladům na vzdělání.
- Tato myšlenka je rozpracována v článku Bils and Klenow (2000), (pouze doporučená literatura).

## 5.7 Růstové účetnictví a vývojové účetnictví

### 5.7.1 Růstové účetnictví (Growth accounting)

- Uvažujte obecnou produkční funkci

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



- Derivací podle času dostaneme

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = \frac{F_T T}{Y} \cdot \frac{\dot{T}}{T} + \frac{F_K K}{Y} \cdot \frac{\dot{K}}{K} + \frac{F_L L}{Y} \cdot \frac{\dot{L}}{L}$$

- Jednotlivé členy zachycují příspěvky růstu vstupů  $T$ ,  $K$ ,  $L$  k růstu výstupu  $Y$ .
- $\dot{Y}/Y$ ,  $\dot{K}/K$ , a  $\dot{L}/L$  jsou přímo pozorovatelné (ale ne vždy dobře měřitelné). A členy  $F_K K/Y$  a  $F_L L/Y$  mohou být získány jako podíly výrobních faktorů  $s_K$  a  $s_L$  na důchodu.
- Tím pádem nám zůstane

$$g = \frac{F_T T}{Y} \cdot \frac{\dot{T}}{T}$$

jako nepozorovatelný příspěvek technologického pokroku k růstu výstupu.

- Můžeme  $g$  odhadnout jak tzv. Solowovo reziduum

$$\tilde{g} = \frac{\dot{Y}}{Y} - s_K \frac{\dot{K}}{K} - s_L \frac{\dot{L}}{L}$$

- Často se tomuto odhadu  $\tilde{g}$  říká růst Souhrnné produktivity faktorů (Total Factor Productivity, TFP).
- Všimněte si, že odhad  $\tilde{g}$  je to co nám zbyde a nic nezaručuje, že růst TFP je díky technologickému pokroku, tak jak jsme to měli v teoretickém modelu (tj.  $\dot{T}/T = x$ ). Cokoliv, co nejsme schopni vysvětlit změnami  $K$  a  $L$  spadá do této kategorie (od vlivů válek, přírodních katastrof až po chyby měření).
- Je třeba být opatrný s interpretací a nevnášet do růstového účetnictví kauzalitu. (viz BSiM 10.5)
- Růstové účetnictví se liší od regrese tím, že používá pro odhady podílů faktorů jiné zdroje (národní účty) místo ekonometrického odhadu těchto elasticit.
- Pro získání dobrého růstového účetnictví je třeba dobře měřit změny ve vstupech. Je dobré zachytit jak kvantitativní tak kvalitativní změny.
- Obzvláště změny lidského kapitálu obvykle vstupují jako změny kvality VF práce (dosažené vzdělání, rozklad podle věku atd.).

- V praxi se často používá tzv. trans-log produkční funkce (např. Young (1995)), která je v zásadě zobecněním Cobb-Douglasovi produkční funkce. Hlavní výhodou je snadný rozklad – disagregace jednotlivých vstupů do podkategorií.
- Růstové účetnictví obvykle připisuje velkou část růstu akumulaci výrobních faktorů, ale také růst TFP je podstatný.
- Zvláštní pozornost byla věnována Asijským tygrům (East-Asian growth miracles).
- Nejznámější studie od pana Younga (1995). Jeho odhady připisují rapidní růst velké akumulaci výrobních faktorů. Růst TFP v těchto zemích se příliš nelišil od ostatních zemí.
- Youngovy výsledky byly také významným příspěvkem k návratu k neoklasickým modelům (neo-classical revival).

### 5.7.2 Duální růstové účetnictví

- Za standardních předpokladů máme

$$Y = RK + wL$$

- Derivováním podle času dostaneme

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = s_K(\dot{R}/R + \dot{K}/K) + s_L(\dot{w}/w + \dot{L}/L)$$

- Tím pádem máme duální formulaci odhadu růstu TFP:

$$\tilde{g} = \frac{\dot{Y}}{Y} - s_K \frac{\dot{K}}{K} - s_L \frac{\dot{L}}{L} = s_K \dot{R}/R + s_L \dot{w}/w$$

Tento odhad je založen na změnách cen.

- Hlavní charakteristikou tohoto přístupu je, že dostaneme odhad růstu TFP založený na alternativních datech, která jsou lépe dostupná a také spolehlivější. Přinejmenším to poskytuje kontrolu primárními přístupem.
- Hsieh (1999) použil duální přístup k ověření Youngových (1995) výsledků pro Východoasijské státy.
- Největší rozdíl našel pro Singapur. Argumentem bylo, že národní účty nadsadily růst kapitálu, čemuž neodpovídala změna cen (ty byly celkem stabilní).

### 5.7.3 Vývojové účetnictví (Development accounting)

- Mějme Cobb-Douglasovu produkční funkci

$$Y = TK^\alpha H^\eta L^{1-\alpha-\eta}$$

- V tomto speciálním případě, (primární) růstové účetnictví má tuto podobu

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = \frac{\dot{T}}{T} + \alpha \frac{\dot{K}}{K} + \eta \frac{\dot{H}}{H} + (1 - \alpha - \eta) \frac{\dot{L}}{L}$$

- tj. dívá se na změny v čase pro určitou zemi
- Oproti tomu vývojové účetnictví (development accounting) se zaměřuje na rozdíly mezi zeměmi. tj. pro země  $i$  a  $j$  máme

$$\frac{Y_i}{Y_j} = \frac{T_i}{T_j} \left( \frac{K_i}{K_j} \right)^\alpha \left( \frac{H_i}{H_j} \right)^\eta \left( \frac{L_i}{L_j} \right)^{1-\alpha-\eta}$$

- Na základě tohoto vztahu můžeme zjistit jak jsou rozdíly v důchodu mezi dvěma zeměmi v  $Y$  (tj. levá strana rovnice) dány rozdíly v TFP (tj.  $T$ ) nebo ve vstupech ( $K$ ,  $H$  a  $L$ ).
- Různí autoři používají různá členění. Podobně jako v růstovém účetnictví jsou hodnoty  $\alpha$  a  $\eta$  kalibrovány z nezávislých zdrojů (národní účty) a nejsou odhadovány pomocí regrese.
- Klenow a Rodriguez-Clare (1997) používali variantu vývojového účetnictví.

## 6 Konvergence a růstová regrese

Základní literatura: BSiM: 11 (11.6-11.9 zběžně přečíst), 12 (12.5 zběžně)  
Doplňující literatura: Islam (1995), Jones (1997)

### 6.1 Konvergence do steady statu

- Základní vlastnost Solowova modelu – konvergence do steady statu – je charakterizována následující rovnicí

$$\frac{\dot{\hat{k}}}{\hat{k}} = \frac{sf(\hat{k})}{\hat{k}} - (n + x + \delta) \quad (11)$$

- Ve fázi přechodu do steady statu je růst o to větší, čím dále je ekonomika od steady statu (růst je kladný, když jsem pod ním, a záporný, když jsme nad ním)
- Můžeme snadno vidět v grafu

- Formálněji se dá ukázat (BSiM 1.30), že rovnice (11) může být přeformulována jako

$$\frac{\dot{\hat{k}}}{\hat{k}} = (n + x + \delta) \left[ \left( \frac{\hat{k}}{\hat{k}^*} \right)^{\alpha-1} - 1 \right]$$

- U konvergence je často výhodné pracovat s (log) linearizací

$$\frac{\dot{\hat{k}}}{\hat{k}} = \beta(\ln \hat{k}^* - \ln \hat{k})$$

kde

$$\beta = (1 - \alpha)(n + x + \delta) \quad (12)$$

je rychlost konvergence.

- Také víme, že dynamika vývoje  $\hat{k}$  se přímo přenáší do vývoje  $\hat{y}$ , takže máme

$$\frac{\dot{\hat{y}}}{\hat{y}} = \beta(\ln \hat{y}^* - \ln \hat{y}) \quad (13)$$

- Parametr  $\beta$  ukazuje, jak rychle se výstup na efektivního pracovníka  $\hat{y}$ , přibližuje steady statové hodnotě,  $\hat{y}^*$ , v okolí steady statu. Pokud  $\beta = 0.05$ , 5 procent mezery mezi  $\hat{y}$  a  $\hat{y}^*$  zmizí každý rok. (Half-life = 14 let, viz pravidlo 70).

- Řešením diferenční rovnice (13) dostaneme:

$$\ln \hat{y}(t) - \ln \hat{y}(0) = (1 - e^{-\beta t}) \ln \hat{y}^* - (1 - e^{-\beta t}) \ln \hat{y}(0)$$

- Vydělením  $t$  dostaneme tempo růstu na levé straně rovnice (kvůli tomu jsme pracovali s log-linearizací  $\ln \hat{y}$  než přímo s  $\hat{y}$ )

$$\frac{\ln \hat{y}(t) - \ln \hat{y}(0)}{t} = b_1 \ln \hat{y}^* - b_2 \ln \hat{y}(0) \quad (14)$$

where  $b_1 = b_2 = (1 - e^{-\beta t})/t$ .

## 6.2 Absolutní a podmíněná konvergence

- Zatím jsme pracovali s konvergencí dané ekonomiky do steady statu.
- Neméně důležitá je otázka, zda můžeme očekávat konvergenci mezi zeměmi.
- Použijeme rovnici (14) k prozkoumání této problematiky. Všimněte si, že mluvíme o bohatých a chudých zemích (tj. měříme  $y(t) = Y(t)/L(t)$  i když (14) obsahuje  $\hat{y}(t) = y(t)/T(t)$ . Role  $T(t)$  v jmenovateli zde není důležitá, protože předpokládáme stejný technologický pokrok ve všech zemích. (Detailněji se tím budeme zabývat později.)
- Solowův model předpovídá následující: Země, které jsou chudé porostou rychleji než bohaté za předpokladu, že mají stejný steady state (a jsou pod ním).
- Toto je **podmíněná konvergence**, což je to stejné, jako když je parametr  $b_2$  v rovnici (14) kladný, takže *parciální* vliv  $\ln \hat{y}(0)$  na růst je záporný.
- V rovnici (14) jsme vyjádřili (podmínili) steady state členem  $\ln \hat{y}^*$ .
- Všimněte si, že Solowův model *nepředpovídá absolutní konvergenci*, tj. že chudé země budou vždy růst rychleji než bohaté.
- Opět můžeme ukázat ve známém grafu. Absolutní konvergence neplatí, ale podmíněná ano.

### 6.3 $\beta$ a $\sigma$ -konvergence

- Můžeme rozlišovat dva typy konvergence.
- Konvergencí, kterou jsme se zabývali výše se obvykle nazývá  **$\beta$ -konvergence**. Tj. souvisí s parametrem  $b_2$  (který je odvozen z strukturálního parametru  $\beta$ , proto tento název). V tomto případě mluvíme o absolutní a podmíněné  $\beta$ -konvergenci.
- Navíc můžeme definovat  **$\sigma$ -konvergenci**: Skupina ekonomik k sobě  $\sigma$ -konvergují, když rozptýl úrovní jejich HDP na hlavu (či jiné podobné měřítko) v čase klesá. Tj. když

$$\sigma_{t_2} < \sigma_{t_1}$$

kde  $t_2 > t_1$  a  $\sigma_t$  je směrodatná odchylka  $\ln(y(t))$  přes všechny ekonomiky v čase  $t$ .

- Je snadné ukázat, že  $\beta$ -konvergence je nutnou podmínkou pro  $\sigma$ -konvergenci.
- Avšak,  $\beta$ -konvergence nutně neimplikuje  $\sigma$ -konvergenci. (Galton' fallacy).
- Můžeme ilustrovat na grafech:

- viz. BSiM 11.1 pro detailnější diskuzi.

## 6.4 Růstová regrese

- Většina empirických studií (alepsoň ty dřívější) se primárně zaměřují na  $\beta$ -konvergenci, a jejich výsledkem je odhad rychlosti konvergence.
- Výše jsme odvodili následující log-lineární rovnici pro tempo růstu  $\hat{y}$

$$\frac{\ln \hat{y}(t) - \ln \hat{y}(0)}{t} = b_1 \ln \hat{y}^* - b_2 \ln \hat{y}(0) \quad (15)$$

where  $b_1 = b_2 = (1 - e^{-\beta t})/t$ .

- To naznačuje, že můžeme provést regresi tempa růstu v závislosti na počáteční úrovni důchodu na hlavu. To nám umožní odvodit  $\beta$  z odhadu  $b_2$
- Co je důležité, musíme také kontrolovat vliv  $\hat{y}^*$ , tj. musíme uvažovat podmíněnou konvergenci.
- Můžeme zde rozlišit dva přístupy

1. *Vztažené k teorii* (Theory driven, např. MRW): Můžeme použít teoreticky odvozený vztah pro  $\hat{y}^*$ , tj. funkce míry úspor a populačního růstu. Pro rozšířený Solowův model dosadíme z rovnice (2) z lecture notes 3, a vyřešíme pro  $y$  místo  $\hat{y}$  a dostaneme strukturální rovnici

$$\begin{aligned} \frac{\ln(y(t)) - \ln(y(0))}{t} &= \frac{(1 - e^{-\beta t})}{t} \ln T(0) + xt \\ &+ \frac{(1 - e^{-\beta t})}{t} \frac{\alpha}{1 - \alpha - \eta} \ln(s_k) + \frac{(1 - e^{-\beta t})}{t} \frac{\eta}{1 - \alpha - \eta} \ln(s_h) \\ &- \frac{(1 - e^{-\beta t})}{t} \frac{\alpha + \eta}{1 - \alpha - \eta} \ln(n + g + \delta) - \frac{(1 - e^{-\beta t})}{t} \ln(y(0)) \end{aligned}$$

2. *Barrova-regrese* (Barro regression): provedeme regresi typu

$$\frac{\ln y(t) - \ln y(0)}{t} = b_0 + B_1 X - b_2 \ln(y(0)) \quad (16)$$

kde  $X$  je vektor proměnných, které charakterizují každou ekonomiku a které mají nějaký vliv na úroveň steady statu.

## 6.5 Empirické výsledky

- Počáteční výsledky ohledně absolutní konvergence byly zavádějící a způsobené špatným výběrem (selection bias). Pouze úspěšné země měli data a připojili se k OECD) a tím pádem docházelo ke konvergenci, která však byla ovlivněna výběrem zemí.
- MRW: Ne absolutní konvergence. Důkazy pro podmíněnou  $\beta$ -konvergenci.
- Rychlost konvergence: 0.01–0.02. Krátké (přechodné) období je poměrně dlouhé!
- Implikovaný podíl akumulovaných faktorů se přiklání k širší definici kapitálu ( $\alpha + \eta \approx 0.75$ ).
- Podobně i v ostatních studiích: Žádný důkaz absolutní  $\beta$ -konvergence ve vzorcích zemí pro celý ‘svět’. Dokonce dochází k  $\sigma$ -divergenci.
- Pokud provedeme podmíněnou regresi, najdeme poměrně silný důkaz jak  $\beta$ - tak  $\sigma$ -konvergence. Rychlost konvergence vychází většinou okolo 0.02.
- Také se dá najít poměrně silná absolutní konvergence, když se omezíme na zkoumání podobných zemí jako např. státy v USA nebo Japonské prefektury.

## 6.6 Ekonometrické problémy

- Problém s přístupem MRW je ten, že předpokládají stejnou počáteční úroveň technologie  $T(0)$  pro všechny zkoumané země.
- Ve skutečnosti to znamená opomenutí proměnné v regresní rovnici (protože  $T(0)$  se bude pravděpodobně mezi zeměmi lišit).
- Opět tu tedy máme potenciální vychýlení, protože  $T(0)$  bude pozitivně korelované s  $y(0)$ . To implikuje vychýlení směrem k nule pro parametr  $b_2$ , a tím pádem vychýlení  $\beta$  směrem dolů.
- V tomto případě je problém vynechané proměnné pravděpodobně závažnější než v případě úrovně regrese.
- Řešením tohoto problému je zahrnutí umělé (dummy) proměnné pro každou pozorovanou zemi. Tato umělá proměnná pak zachytí  $T(0)$ .



- V regresi pak musíme mít několik temp růstu pro každou zemi, tj. mít pozorování v několika po sobě jdoucích obdobích.
- Tento přístup (panelová data) byl použit v relativně nedávných empirických studiích. Viz např. Islam (1995).
- Výsledky se trochu liší od výsledků v MRW. Zejména to vypadá, že rychlost konvergence je vyšší a tím pádem implikovaný podíl kapitálu je menší. Navíc je koncept konvergence ještě více podmíněn a je poněkud ztrácí význam.
- Problém tohoto přístupu je, že dostupné časové řady jsou obvykle krátké a proto se musí používat tempa růstu přes příliš krátká období.

## 6.7 Rozdělení důchodů ve světě, Twin-Peaks a vícenásobné rovnováhy

- I když v datech nacházíme podmíněnou  $\beta$ -konvergenci, je dobré se pozastavit nad tím, že ve světě dochází k  $\sigma$ -divergenci.
- V 80. letech se také objevil fenomén dvou hrbů (twin-peaks phenomenon) ve světovém rozdělení důchodů.
- Nedávný výzkum se proto zaměřil na modely vícenásobných rovnovah, které mohou mít za následek výše zmíněný empirický fakt.
- Důležitým závěrem je, že je potřeba se podrobněji podívat na strukturálních charakteristiky ekonomik, které zkoumáme.

## 6.8 “Barrova-regrese”

- Vyskytuje se poměrně rozsáhlá skupina empirické literatury bez vazby na teorii (theory-free regressions), jak naznačuje rovnice (16).
- Tomu se často říká “Barrova-regrese” podle autora první studie.
- Všechny tyto studie přinášejí poměrně podobné výsledky o konvergenci.
- Jejich zaměření je však směřováno na prozkoumání vztahu mezi různými proměnnými a růstem.
- Z tohoto hlediska se výsledky liší podstatněji, ale několik výsledků je poměrně robustních. Samozřejmě je s tímto druhem regresí spojeno několik metodologických problémů (endogenita).

- Stručný přehled výsledků:
  - Populační růst není až tak škodlivý, jak se obecně předpokládá
  - Vysoká nerovnost v důchodech snižuje růst, pravděpodobně tím, že zvyšuje sociální a politickou nestabilitu
  - Kvalita finančního sektoru se zdá být důležitá pro růst
  - Demokracie jako taková se nezdá být důležitá
  - Rozsah ekonomických svobod a ochrana vlastnických práv se zdají být důležité
  - Výsledky týkající se velikosti vládního sektoru a velikosti zdanění jsou nejednoznačné
  - Vládní výdaje na infrastrukturu jsou důležité
  - Otevřenost mezinárodnímu obchodu je prospěšná pro růst, ale jen za určitých okolností, které ještě nebyly plně prozkoumány

## Reference

- [1] **Bils, M. and Klenow, P.**, Does Schooling Cause Growth?, *The American Economic Review*, December 2000, 90 (5). 1160-1183.
- [2] **Hsieh, C. T.**, Productivity Growth and Factor Prices in East Asia, *American Economic Review*, May 1999, 89 (2). 133-138.
- [3] **Islam, N.**, Growth Empirics: a Panel Data Approach, *Quarterly Journal of Economics*, 1995, 110 (4). Pp. 1127-1170.
- [4] **Jones, C.I.**, On the Evolution of the World Income Distribution, *Journal of Economic Perspectives*, 1997, 11 (3). Pp. 19-36.
- [5] **Klenow, P. and Rodriguez-Clare, A.** The Neoclassical Revival in Growth Economics: Has it gone too Far?, In B.S. Bernanke and J.J. Rotemberg (eds) *NBER Macroeconomics Annual 1997*, Cambridge, MA: MIT Press, 1997.
- [6] **Mankiw, N. G., Romed D. and Weil, N. D.**, A Contribution to the Empirics of Economic Growth, *Quarterly Journal of Economics*, May 1992, 107 (2), 407-437.
- [7] **Pritchett, L.**, Where Has All the Education Gone?, *World Bank Economic Review*, 2001, 15 (3). 367-391.

- [8] **Young, A.**, The Tyranny of Numbers: Confronting the Statistical Realities of the East Asian Growth Experience, *Quarterly Journal of Economics*, August 1995, 110 (3), 641-680.