Teorie ekonomického růstu

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

10 Endogenní růst: Přehled

Základní literatura: Romer (1990), sec. 1-2., BSiM: 4.1-4.2

10.1 Co myslíme pod pojmem endogenní růst?

- V neoklasických růstových modelech jsme dospěli k následujícím závěrům:

  1. Akumulace výrobních faktorů nezaručí růst v dlouhém období, tj. nedokáže vysvětlit trvalý růst.
  2. Jediným zdrojem dlouhodobého růstu v modelu je technologický pokrok, který jsme ale zavedli exogenně.

- Nyní se podíváme na modely spadající pod hlavičku "modely endogenního růstu". Toto pojmenování je poněkud zavádějící. Budeme se totiž zabývat i modely, které se od těch neoklasických zas tolik neodlišují, pouze v některých charakteristikách.

- Modely můžeme rozřadit do čtyři kategorií:

  1. Uvolnění horní Inadovy podmínky
  2. Externality a/nebo veřejné statky (opuštění předpokladu konstantních výnosů z rozsahu)
  3. Dvousektorové modely (zavedení 'efektivních' rostoucích výnosů z akumulovaného vstupu)
  4. Modely výzkumu a vývoje (endogenizace technologického pokroku T)

- První tři umožňují dlouhodobý růst z akumulace výrobních faktorů. Pouze čtvrtá skupina modelu opravdu endogenizuje něco, co bylo v neoklasických modelech exogenní (tj. technologický pokrok).

- Pojem endogenní růstová teorie je celkem ustálený a používá se pro celou škálu modelů. Nedělá se mezi nimi velký rozdíl.

10.2 Nepodstatný nereprodukovatelný výrobní faktor

- Zaměříme se na případ pouze dvou výrobních vstupů, produkční funkce má tedy podobu
$$Y = F(K, L)$$
- Všimněte si, že mezi těmito dvěma vstupy je tento důležitý rozdíl:
  1. Kapitál K je reprodukovatelný, tj. může být vyroben z Y.
  2. Práce L je nereprodukovatelná, tj. nemůže být vyrobena (vzata) z Y.
- V našich předchozích modelech byl lidský kapitál také reprodukovatelný vstup, navíc byl vyráběn stejnou technologií jako Y a K.
- Vzpomeňte si na rovnici
$$\dot{k}/k = sf(k)/k - (n + \delta)$$
kterou jsme mohli nakreslit v grafu $(\dot{k}, k)$

  Abychom dostali trvalý růst k (a tím pádem y) musíme mít
$$\lim_{k\to\infty} [f(k)/k] > (n + \delta)/s \tag{1}$$
Aby to platilo, musí se průměrný produkt kapitál $f(k)/k$, blížit kladnému číslu, když se k blíží nekonečnu. (Všimněte si, že platí $f(k)/k = Y/K$, což také odpovídá $\lim_{K\to\infty}[Y/K] > (n + \delta)/s$ pro jakoukoliv hodnotu L).
- Protože platí $\lim_{k\to\infty} f(k) = \infty$ musíme použít l'Hopitalovo pravidlo na výraz v limitě v (1), takže
$$\lim_{k\to\infty} [f(k)/k] = \lim_{k\to\infty} f'(k)$$
Vídíme tedy, že když platí horní Inadova podmínka, tj.
$$\lim_{k\to\infty} f'(k) = 0$$
pak podmínka (1) nemůže platit a my nemůžeme dostat trvalý růst.
- Takže horní Inadova podmínka pro reprodukovatelný vstup je vlastnost neoklasické produkční funkce, která je zásadní pro zajištění konvergence do steady statu a tím pádem zabraňuje generování dlouhodobého růstu.

- To se dá opět ilustrovat ve známém grafu $(\dot{k}, k)$

- Když uvolníme horní Inadovu podmínku, dostaneme trvalý růst. To je druh 'endogenního' růstu, jak jsme zmiňovali výše.

- Vzpomeňte si z LN 2, že horní Inadova podmínka zajišťovala, že kapitál a práce jsou podstanými faktory pro produkci tj. $F(0, L) = F(K, 0) = 0$ pro všechna K, L.

- Takže můžeme vyvodit následující tvrzení

  - *Když je nereprodukovatelný výrobní faktor nepodstatný pro výrobu, můžeme dostat trvalý růst.*

10.2.1 Dva příklady

- Let us therefore investigate some cases where $\lim_{K\to\infty} F_K = \mu > 0$.

- These are cases where only the reproduced factor of production (K) is essential to production, meaning $F(K, 0) > 0$ for all $K > 0$, while $F(0, L) = 0$ for all L.

- Consider a Constant Elasticity of Substitution (CES) production function:

$$Y = F(K, L) = A \left\{ a(bK)^{\psi} + (1-a)[(1-b)L]^{\psi} \right\}^{1/\psi} \tag{2}$$

  where $0 < a < 1$, $0 < b < 1$ and $\psi < 1$. It is easy to show that the production function exhibits constant returns to scale (do this!). When $\psi \to -\infty$ the production function approaches $Y = \min[bK, (1-b)L]$

i.e. a limitation law as in the Harrod-Domar case, while it approaches a cobb-Douglas, $Y = CK^a L^{1-a}$ when $\psi \to 0$. For $\psi = 1$ the function is linear in L and K.

- For simplicity we let A be a constant. Dividing by L we then get output per capita:

$$y = f(k) = A\left\{a(bk)^{\psi} + (1-a)(1-b)^{\psi}\right\}^{1/\psi} \tag{3}$$

  and hence

$$f'(k) = Aab^{\psi}\left\{ab^{\psi} + (1-a)(1-b)^{\psi}k^{-\psi}\right\}^{(1-\psi)/\psi} \tag{4}$$

  and

$$f(k)/k = A\left\{ab^{\psi} + (1-a)(1-b)^{\psi}k^{-\psi}\right\}^{1/\psi} \tag{5}$$

- Consider the case with a high degree of substitutability between labor and capital, that is, $0 < \psi < 1$. Then the limits of the expressions above are

$$\lim_{k\to\infty}[f'(k)] = \lim_{k\to\infty}[f(k)/k] = Aba^{1/\psi} > 0$$

  and

$$\lim_{k\to 0}[f'(k)] = \lim_{k\to 0}[f(k)/k] = \infty$$

- What happens if $\psi < 0$? We will get convergence, but can have quite problematic solutions. Consider what happens with $sAba^{1/\psi}$ as an exercise. This resembles what we have seen for the Harrod-Domar model.

- Hence the CES-production function gives an example of perpetual growth even if we have constant returns to scale.

- Jako další příklad uvažujte následující produkční funkci

$$Y = F(K, L) = AK + BK^{\alpha}L^{1-\alpha}$$

  nebo ve vyjádření na hlavu

$$y = f(k) = Ak + Bk^{\alpha}$$

  Všimněte si, že je to kombinace AK produkční funkce a Cobb-Douglasovy funkce. Tato funkce vykazuje konstatní výnosy z rozsahu.

- Tím pádem máme

$$f(k)/k = A + Bk^{-(1-\alpha)}$$

  což se blíží A, když se k blíží k nekonečnu. Tím pádem máme chování jako v AK modelu a dostaneme trvalý růst.

10.3 Externality a veřejné statky

- Uvažujte ekonomiku, kterou obývá kontinuum reprezentativních agentů výrobců/spotřebitelů. (Pro jednoduchost bude jejich počet fixní, tj. neuvažujeme populační růst.) Výstup každého agenta je dán produkční funkcí s konstatními výnosy z rozsahu

$$y = F(k, El)$$

kde pro každého agenta, k je zásoba kapitálu l je pracovní vstup. E je efektivnost každého pracovníka a je společná všem pracovníkům.

- Předpokládejme, že celková zásoba kapitálu v ekonomice má pozitivní vliv na produktivitu každého pracovníka tj.

$$E = A(K) \tag{6}$$

kde $A(K)$ je funkce rostoucí v K.

- Později se podíváme na příklady, které stojí za touto specifikací. Jsou založeny na existenci externalit při používání kapitálu (learning by doing/social knowledge) nebo na veřejném poskytování služeb (v závislosti na K) které zlepšují produktivitu a jsou poskytovány jako veřejné statky.

- Po dosazení (6) dostaneme

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

a tempo růstu vyjádříme jako

$$\dot{Y}/Y = [F_K + F_L A'(K)L]\, \dot{K}/Y$$

- S konstantní mírou úspor $s = \dot{K}/Y$ dostaneme

$$\dot{Y}/Y = sF_K \,+\, sF_L A'(K)L$$

- Díky horní Inadově podmínce se člen obsahující F_K zmizí, když se K blíží nekonečnu, ale $\dot{Y}/Y$ může stále být kladné, pokud bude člen $sF_L A'(K)L$ kladný.

- Jelikož máme konstantní výnosy z rozsahu (CRS), parciální derivace $F_L[K, A(K)L]$ je homogenní stupně nula, takže

$$F_L[K, A(K)L]\, A'(K)L = F_L[1, A(K)L/K]\, A'(K)L$$

- Předpokládejme, že
$$\lim_{K\to\infty} A'(K)L = b \tag{7}$$
(protože platí $\lim_{K\to\infty} A'(K) = c \Rightarrow \lim_{K\to\infty} A(K)/K = c$) potom také platí
$$\lim_{K\to\infty} \frac{A(K)}{K} \cdot L = b$$
a tím pádem
$$\lim_{K\to\infty} F_L\left[1, \frac{A(K)}{K}L\right] A'(K)L = F_L(1,b)b$$
dostáváme
$$\lim_{K\to\infty} \frac{\dot{Y}}{Y} = sF_L(1,b)b > 0$$
a trvalý růst.

- Takže díky předpokladu (6) je podmínka (7) postačující podmínkou pro růst v dlouhém období.

- Co stojí za podmínkami (6) a (7), na to se podíváme v modelech probíraných v částech 11 a 12.

10.4 Dvousektorový přístup

- Nyní se podíváme na přístup, který se až tak neodlišuje od neoklasických modelů. Ukážeme, že

  – *Dlouhodobý růst je možný i s neoklasickou produkční funkcí, jestliže je alespoň jeden výrobní faktor vyráběn pomocí reprodukovatelného faktoru.*

- Jako příklad se podíváme na ekonomiku s následující dvousektorovou strukturou.

- Spotřební statky C jsou vyráběny Cobb-Douglasovou produkční funkcí
$$C = K_C^{\alpha} L^{1-\alpha}$$
kde K_C je množství kapitálu používaného v tomto výrobním sektoru.

- Sektor vyrábějící kapitál, investiční sektor, používá pouze kapitál (K_I) a vykazuje konstantní výnosy z variabilního vstupu (konstatní mezní produkt)
$$\dot{K} = aK_I$$
kde $K = K_C + K_I$.

- Předpokládáme, že konstantní podíl kapitálu jde do investičního sektoru $K_I = \phi K$ (tím pádem $K_C = (1-\phi)K$). Tento předpoklad vlastně vyjadřuje fixní míru úspor.

- Pro jednoduchost bude populace konstantní. Poté dostaneme
$$\frac{\dot{C}}{C} = \alpha\frac{\dot{K}_C}{K_C} = \alpha\frac{\dot{K}}{K} = \alpha a\phi$$
Takže tempo růstu spotřeby je konstantní a kladné. Dostaneme dlouhodobý růst i když jsme se neodchýlili od předpokladu konstantních výnosů z rozsahu.

- Nejzajímavějším příkladem je model s odděleným sektorem pro produkci lidského kapitálu. Tomu se budeme věnovat v části 13.

10.5 Proč je vysvětlení technologického pokroku tak obtížné?

- Posledním typem modelů, kterými se budeme zabývat jsou ty, které se pokouší vysvětlit růst T, kde T je chápáno jako zásoba znalostí ve smyslu technologií, know-how, myšlenek.

- Typickým znakem těchto modelů je, že předchozí vynálezy se mohou použít na nové vynálezy.

- Hlavním prvkem těchto modelů je produkční funkce pro tyto znalosti (tj. sektor charakterizující sektor vědy a výzkumu R&D-sector)
$$\dot{T} = G(T, K, L)$$

- Významným problémem v těchto modelech je, že je velmi těžké formulovat podobu této produkční funkce (zejména roli T jako vstupu). Výsledky a chování modelu totiž podstatně závisí na parametrech této produkční funkce.

- Proč je tak obtížné vysvětlit aktivity ve vědě a výzkumu? Je dobré zmínit dvě věci:

  1. Existuje několik důvodů, proč myšlenky/znalosti představující T mají povahu veřejných statků. Jsou nerivalitní při použití jako vstupy (jak je vidět z produkční funkce $Y = F(K, TL)$) a do jisté míry nevyloučitelné. (viz výborná diskuze v článku Romer (1990), sec. 1-2.)
  2. Díky konstantním výnosům z rozsahu v rivalitních vstupech K a L víme, že pokud máme dokonale konkurenční trhy, máme

  $$RK + wL = Y$$

  A tím pádem nezbývá žádný důchod jako odměna výrobnímu faktoru T.

- Takže za předpokladu dokonalé konkurence, soukromí agenti/firmy nemají žádnou motivaci dělat výzkum a tím pádme nedostaneme žádný růst T.

- Takže musíme hledat mezi modely, které zavádějí nedokonalou konkurenci.

- V tématech 14 a 15 se budme zabývat dvěma z nich

  1. Monopolistická konkurence na trzích s různými statky (horizontální struktura)
  2. Žebříky kvality (quality ladders) s dočasnou monopolní silou pro používání nejnovější technologie.

10.6 Endogenní růst: proč hraje roli?

- Důležitým poznatkem při studiu neoklasických růstových model bylo, že zde není žádný prostor pro hospodářskou politiku na podporu růstu. To pramení ze dvou důvodů

  1. Decentralizované řešení je Pareto optimální
  2. Hospodářská politika nemůže ovlvnit růst v dlouhém období

- Nyní se ve stručnosti podíváme, proč toto neplatí v endogenních modelech

- Uvažujeme AK model
$$Y = AK$$

- AK model je v mnoha ohledech redukovanou podobou endogenních modelů, se kterými se setkáme. Parametr A pak shrnuje několik různých parametrů (např. ty, které se vztahují k hospodářské politice), a může být šířeji chápán jako úroveň of technologie.

- Jedním z nejjednoduších příkladů AK modelu je model s produkční funkcí
$$Y = F(K, H)$$
která vykazuje neoklasické vlastnosti včetně konstantních výnosů z rozsahu pro K a H, tj. pro kapitál v širším pojetí. Viz BSiM 4.2 pro detaily.

- Když použijeme naši známou strukturu pro domácnosti, je jejich chování charakterizováno Eulerovou rovnicí
$$\frac{\dot{c}}{c} = (1/\theta)(r - \rho) \tag{8}$$

- Ale nyní je nájemní cena kapitálu konstantní $R = A$. Tím pádem i úroková míra je konstantní
$$r = A - \delta \tag{9}$$

- A my dostaneme
$$\frac{\dot{c}}{c} = (1/\theta)(A - \delta - \rho) \tag{10}$$

- Růst spotřeby je tedy konstantní (a předpokládáme $A - \delta > \rho$, tak i kladný).

- Kapitál se vyvíjí podle
$$\dot{k} = (A - \delta - n)k - c \tag{11}$$

- Je jednoduché ukázat (viz BSiM p. 207) že steady statová hodnota c/k musí být konstantní, takže k musí růst stejným (konstaním) tempem jako c. Dále, když prozkoumáme podmínku transverzality, zjistíme (viz BSiM 4.1.4), že v tomto modelu neexistuje přechodná dynamika a
$$\frac{\dot{c}}{c} = \frac{\dot{k}}{k} = (1/\theta)(A - \delta - \rho) = \text{Constant} \tag{12}$$
pro každý čas.

- To může rovněž vidět na fázovém diagramu.

- Všiměnte si, že v AK modelu změny v parametrech A, δ a ρ ovlivní jak úroveň, tak i **růst** v dlouhém období.
- Připomeňme, že A může záviset na parametrech hospodářské politiky, takže v tomto typu modelů hraje hospodářská politika mnohem důležitější roli.

Reference

[1] **Romer, Paul, M.** Endogenous Technological Change, *Journal of Political Economy,* October 1990, 98 (5), 71-102, Part 2.