

## Моделирование влияния факторов накопления и инновационной деятельности на темпы экономического роста.

**Цель диссертации:** определить механизмы и оценить влияние накопления и инновационной деятельности на темпы экономического роста на межстрановом уровне.

**Задачи:**

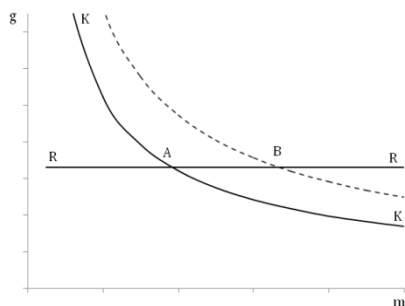
- ✓ Обзор и классификация теоретических и эмпирических работ, в которых учитывается влияние накопления и инновационной деятельности на темпы экономического роста; выделение неисследованных областей.
- ✓ **Разработка модели, объясняющей причины различий в эффективности накопления и инновационной деятельности как каналов экономического роста.**
- ✓ Адаптация методов декомпозиции экономического роста по факторным составляющим с учетом теоретической моделей.
- ✓ Верификация модели на межстрановом уровне.
- ✓ Оценка влияния накопления и инновационной деятельности на темпы экономического роста на межстрановом уровне.

Факторы экономического роста (Асемоглу)

- прокси-факторы (approximatedcauses): технологии, накопление физического и человеческого капитала
- фундаментальные факторы (fundamentalcauses): география, культура, институты, удача (множество равновесий)

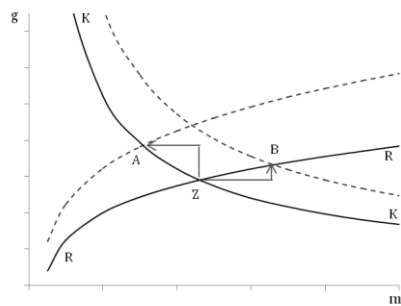
В моделях эндогенного роста норма сбережения может влиять на НТП.

**График 1. Модель Солоу**



источник: построен автором

**График 2. Гибридная модель Аггйона и Хоуитта**



источник: построен автором

**Таблица 1. Влияние нормы сбережения на темпы экономического роста.**

Модель	Влияние на рост	Трансмиссия	Канал
Solow	переходная динамика	Темпы роста капиталовооруженности	сфера накопления
Aghion, Howitt (2007)	переходная динамика и долгосрочный рост	Темпы роста НТП	рост рынка реализации инноваций, канал процентных ставок
Aghion et. (2009)	переходная динамика	Темпы роста НТП	привлечении иностранных инвесторов
Acemoglu, Zilibotti (2002)	долгосрочный рост	Темпы роста НТП	направление инноваций

источник: составлено автором

**Теоретическая модель.**

**Блок 1.** На основе Aghion, Howitt (2007):

Производственный сектор (

$$Y(t) = \left[ \int_0^1 A(v, t) x^\alpha(v, t) dv \right] L^{1-\alpha} \tag{1}$$

$x(v, t)$  - количество оборудования в секторе  $v$ , используемое в момент времени  $t$ ,  $A(v, t)$  отражает уровень технологий в секторе  $v$  в момент времени  $t$ .

Модель устроена так, что возможен переход к стандартной производственной функции Кобба-Дугласа (см. приложение 1).

$$Y = A^{1-\alpha} K^\alpha L^{1-\alpha} \tag{2}$$

Чистый прирост капитала в экономике описывается, как в модели Солоу

$$\dot{K}(t) = iY(t) - \delta K(t) \tag{3}$$

Соответственно, динамика капиталовооруженности на единицу эффективного труда будет задана как в модели Солоу:

$$\hat{k} = i\hat{k}^\alpha - (\eta + g + \delta)\hat{k} \tag{4}$$

$i$  - норма инвестирования,  $\eta$  - темп прироста населения;  $g$  - темп прироста НТП;  $\delta$  - норма выбытия капитала

**Блок 2. Эндогенезация темпов роста НТП.** На основе *Aghion, Comin, Howitt, Tesu (2009)*

Мировая технологическая граница изменяется с постоянным темпом  $\bar{g}$ :

$$\bar{A}(t) = (1 + \bar{g})\bar{A}(t - 1) \quad (5)$$

Производительность сектора  $v$ , если предприниматель принимает решение о реализации проекта:

$$A(v, t) = \begin{cases} \bar{A}(t) \text{ с вероятностью } \bar{\mu} \\ A(v, t - 1) \text{ с вероятностью } 1 - \bar{\mu} \end{cases} \quad (6)$$

Пусть доля секторов, в которых приняты попытки внедрения новых технологий, равна  $\lambda(t)$ , тогда средний уровень технологий в экономике:

$$A(t) = \lambda(t)\bar{\mu}\bar{A}(t) + (1 - \lambda(t)\bar{\mu})A(t - 1) \quad (7)$$

Если разделить обе части уравнения на  $\bar{A}(t)$ , то получим разностное уравнение для удаленности страны от технологической границы  $a(t) = A(t)/\bar{A}(t)$

$$a(t) = \lambda(t)\bar{\mu} + \frac{(1 - \lambda_t\bar{\mu})}{(1 + \bar{g})} a_{t-1} \quad (8)$$

Темпы роста НТП по определению

$$g = \frac{A(t)}{A(t - 1)} - 1 = \frac{a_t(1 + \bar{g})}{a_{t-1}} - 1 \quad (9)$$

С учетом (8), получим

$$g = \left( \frac{1 + \bar{g}}{a_{t-1}} - 1 \right) \lambda_t \bar{\mu} \quad (10)$$

Если  $\lambda_t$  является константой, то удаленность страны от технологической границы стремится к постоянному уровню,

$$a^* = \frac{\lambda\bar{\mu}(1 + \bar{g})}{\lambda\bar{\mu} + \bar{g}} \quad (11)$$

который положительно связан с  $\lambda$  и  $\bar{\mu}$ .

С помощью эквивалентных преобразований формулу (10) можно переписать

$$g = \bar{g} + (\lambda\bar{\mu} + \bar{g}) \left( \frac{a^*}{a_{t-1}} - 1 \right) \quad (12)$$

Таким образом, темпы роста НТП могут превышать темпы роста технологической границы, если удаленность от нее находится ниже равновесного уровня.

Эндогенизируя  $\lambda$ , получим решение (см. приложение 2)

$$\frac{\partial \lambda}{\partial s} \begin{cases} > 0, a < \hat{a} \\ = 0, a > \hat{a} \end{cases} \quad (13)$$

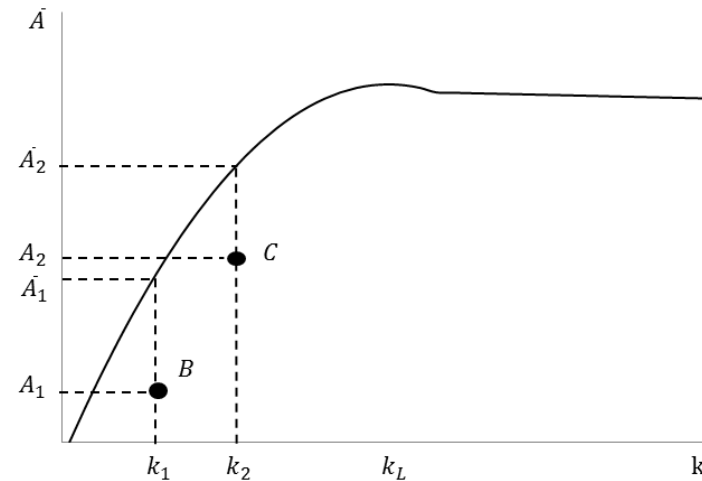
при котором норма сбережения в развитых странах (близких к мировой технологической границе) является незначимым фактором для определения доли секторов, предпринимających инновации, и значимым – в развивающихся.

**Блок 3. Моделирование технологической границы.**

На основе модели *Acemoglu, Zilibotti (2001)* и расчетов *Jerzmanowski(2007)*

Мировая технологическая граница зависит от структуры факторов производства. В силу другой структуры факторов производства развивающиеся страны не могут использовать текущие технологии так же эффективно, как и развитые.

**График 3. Уровень производительности технологий в зависимости от структуры факторов.**

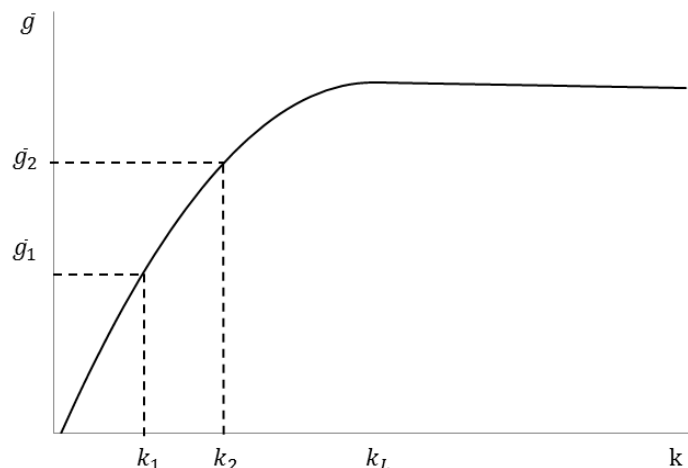


источник: построено автором

Мировая технологическая граница сдвигается неравномерно относительно структуры факторов производства. Инновации принимают направление, соответствующее структуре факторов производства в экономике стран, являющихся лидерами по созданию инноваций. Из-за низкого качества институтов, в частности, прав собственности, стимулы по созданию инноваций,

применимых к структуре факторов производства развивающихся стран остаются слабыми.

**График 4. Темпы роста НТП (технологической границы) в зависимости от структуры факторов.**



источник: построено автором  
Технологическая граница.

$$\bar{A}(k, t) = \begin{cases} \frac{\partial \bar{A}(k, t)}{\partial k} > 0, k < k_L \\ \max_k \bar{A}(k, t), k = k_L \\ \frac{\partial \bar{A}(k, t)}{\partial k} \leq 0, k > k_L \end{cases} \quad (14)$$

Сдвиг технологической границы

$$\bar{g}(k, t) = \begin{cases} \frac{\partial \bar{g}(k/k_L, t)}{\partial (\frac{k}{k_L})} > 0, k < k_L \\ \max_k \bar{g}(k, t) = \bar{g}^*, k = k_L \\ \frac{\partial \bar{g}(k/k_L, t)}{\partial (\frac{k}{k_L})} \leq 0, k > k_L \end{cases} \quad (15)$$

Динамика модели.

а) эффект “догоняющего” роста бедных стран по модели Солоу сдерживается или полностью нивелируется за счет более быстрого роста НТП в развитых странах (неравномерного сдвига технологической границы).

б) в развивающихся странах

- 1) краткосрочный эффект роста нормы инвестирования по модели Солоу,
- 2) краткосрочное влияние роста нормы сбережения на удаленность от технологической границы

могут привести к ускорению долгосрочных темпов роста НТП за счет улучшения структуры факторов производства

в) в развитых странах канал сбережения – не является эффективным.

Выводы

1) В модели Солоу эндогенезация темпов роста НТП с учетом эффектов неэффективности (удаленности от технологической границы) и некомплементарности технологий приводит к тому, что конвергенция между странами не является однозначным следствием модели. Выделяется несколько классов: развитые, развивающиеся с “догоняющей” и дивергирующей динамикой.

2) Норма сбережения и инвестирования – являются важными индикаторами для стран, осуществляющих догоняющее развитие. В результате интенсификации процессов накопления экономика развивающихся стран согласно модели испытывает три краткосрочных и долгосрочный позитивные эффекты.

3) В развитых странах нормы сбережения и инвестирования не являются столь значимыми показателями, их изменение не генерирует таких же эффектов, как в развивающихся странах.

Задачи для эмпирической части исследования

- 1) Построение технологической границы и расчет динамики относительно структуры факторов производства.
- 2) Выделение групп стран на основе данных по капиталовооруженности и удаленности от технологической границы.

- 3) Тестирование гипотезы о влиянии нормы сбережения на движение в сторону технологической границы.
- 4) Тестирование гипотезы о влиянии нормы сбережения на рост для разных групп стран
- 5) Оценка краткосрочных и долгосрочных эффектов влияния нормы сбережения и накопления на экономический рост, в первую очередь, для стран с догоняющей динамикой.

## Литература

- 1) Aghion P., Howitt P.(2007) Capital, innovation and growth accounting// Oxford Review of Economic Policy, Volume 23, Number 1, 2007, pp.79–93
- 2) Philippe Aghion& Diego Comin& Peter Howitt& Isabel Tecu, 2009. "When Does Domestic Saving Matter for Economic Growth?" Harvard Business School Working Papers 09-080, Harvard Business School.
- 3) DaronAcemoglu&FabrizioZilibotti, 2001. "Productivity Differences "The Quarterly Journal of Economics, MIT Press, vol. 116(2), pages 563-606, May.
- 4) Mankiw, N. G., Romer, D., and Weil, D. (1992), 'A Contribution to the Empirics of Economic Growth', Quarterly Journal of Economics, 107, 407–37.
- 5) Jerzmanowski, Michal, 2007. "Total factor productivity differences: Appropriate technology vs. efficiency," European Economic Review, Elsevier, vol. 51(8), pages 2080–2110, November.
- 6) Francesco Caselli and Wilbur John Coleman II, 2006."The World Technology Frontier," NBER Working Papers7904.
- 7) Steve Bond &AsliLeblebicioglu& Fabio Schiantarelli, 2010. "Capital accumulation and growth: a new look at the empirical evidence," Journal of Applied Econometrics, John Wiley & Sons, Ltd., vol. 25(7), pages 1073-1099, November/

## Приложение 1.

Производственный сектор

$$Y(t) = \left[ \int_0^1 A(v, t) x^\alpha(v, t) dv \right] L^{1-\alpha} \quad (1)$$

Промежуточные продукты производятся с использованием капитала:

$$x(v, t) = \frac{K(v, t)}{A(v, t)} \quad (2)$$

$K(v, t)$ - затраты капитала в секторе  $v$  в момент времени  $t$ , деление на  $A(v, t)$  отражает тот факт, что производство более качественных промежуточных продуктов требует увеличения удельных затрат капитала.

Максимизация прибыли монополиста.

Цена единицы капитала или арендная ставка равна сумме реальной ставки процента и нормы выбытия:

$$R_t = r_t + \delta \quad (3)$$

Предельные издержки 1 единицы промежуточной продукции  $x(v, t)$  составляют  $A(v, t)R_t$ . Кривая спроса на продукцию промежуточную продукцию

$$p(v, t) = \frac{\partial Y(t)}{\partial x(v, t)} = \alpha A(v, t) x^{\alpha-1}(v, t) L^{1-\alpha} \quad (4)$$

Максимизация прибыли монополиста:

$$\begin{aligned} \pi(v, t) &= \max[p(v, t)x(v, t) - R_t K(v, t)] \\ &= \max[\alpha A(v, t)x^\alpha(v, t)L^{1-\alpha} - R_t A(v, t)x(v, t)] \end{aligned} \quad (5)$$

Условие первого порядка:

$$\alpha^2 A(v, t) x^{\alpha-1}(v, t) L^{1-\alpha} - R_t A(v, t) \quad (6)$$

$$x(v, t) = \left( \frac{\alpha^2}{R_t} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}} L \quad (7)$$

Получаем, что  $x(v, t)$  не зависит от  $v$ , монополисты выпускают одинаковое количество промежуточного продукта для каждого из секторов.

$$x(t) = \frac{K(t)}{A(t)} \quad (8)$$

где,  $A(t) = \int_0^1 A(v, t) dv$ ;  $K(t) = \int_0^1 K(v, t) dv$

Подставим  $x(v, t)$  в производственную функцию (1):

$$Y = A^{1-\alpha} K^\alpha L^{1-\alpha} \quad (9)$$

$k(t) = \frac{x(t)}{L}$  - капитал в расчете на 1 ед. эффективного труда

Прибыль монополиста в равновесии:

$$\begin{aligned} \pi(v, t) &= \alpha(1 - \alpha)A(v, t)x^\alpha(v, t)L^{1-\alpha} = \\ &= \alpha(1 - \alpha)A(v, t)k^\alpha(t)L = \pi A(v, t) \end{aligned} \quad (10)$$

Вследствие совершенной конкуренции на рынке труда заработная плата в равновесии определяется как

$$w(t) = (1 - \alpha)A(t)k^\alpha(t) = wA(t) \quad (11)$$

## Приложение 2

Если предприниматель в секторе  $v$  успешно совершает внедрение новых технологий, то получает монопольную прибыль

$$\pi \bar{A}(t) \quad (12)$$

Издержки проекта складываются из расходов предпринимателя ( $c$  – случайная величина, нормально распределенная в интервале  $[0; \bar{c}]$ )

$$c \bar{A}(t) \quad (13)$$

и инвестиционных расходов, величина которых зависит от того, будет ли он привлекать в проект иностранных инвесторов.

Если проект реализуется совместно с инвесторами, то инвестиционные расходы

$$\phi \bar{A}(t) \quad (14)$$

Если проект реализуется без внешней поддержки, то инвестиционные расходы

$$\frac{\bar{\phi}}{\alpha(t-1)} \bar{A}(t) \quad (15)$$

, где  $\bar{\phi} < \phi$ . Деление на  $a(t-1)$  предполагает, что расходы предпринимателя тем выше, чем дальше страна от технологической границы.

Если предприниматель принимает усилия, то вероятность успешной реализации возрастает с  $\underline{\mu}$  до  $\bar{\mu}$ .

Пусть выполнены следующие предпосылки.

Без усилий предпринимателя проекты убыточны.

$$\underline{\mu}\pi < \bar{\phi} \quad (16)$$

Некоторые совместные проекты выгодны

$$\bar{\mu}\pi > \phi \quad (17)$$

Не все проекты прибыльны

$$\bar{\mu}\pi < \frac{\bar{\phi}}{a(t-1)} + \bar{c} \quad (18)$$

Предприниматель E заключает с иностранным инвестором F контракт  $(x, y)$ . F вкладывает в проект  $x$  и в случае успешной реализации получает  $y$ . Таким образом, E вкладывает  $\phi - x$  и получает в случае успеха  $\pi - y$ .

Ограничение на участие предпринимателя в совместном проекте

$$c \leq \bar{\mu}\pi - \phi \quad (19)$$

Ограничение инвестора

$$\bar{\mu}y = x \quad (20)$$

Условие приложения усилий со стороны предпринимателя

$$c \leq (\bar{\mu} - \underline{\mu})(\pi - y) \quad (21)$$

Финансовые ограничения на участие предпринимателя

$$\phi - x \leq (1+r)\sigma w \frac{A(t-1)}{\bar{A}(t)} = \frac{1+r}{1+\bar{g}}\sigma w a(t-1) \quad (22)$$

Где  $\sigma$  – норма сбережения “молодых”.

Обозначим “общественный выигрыш от проекта” в случае совместного проекта

$$v = \bar{\mu}\pi - \phi \quad (23)$$

Без участия инвесторов

$$v0 = \bar{\mu}\pi - \frac{\bar{\phi}}{a(t-1)} \quad (24)$$

Также обозначим относительный эффект от приложения усилий предпринимателя на вероятность успешного внедрения

$$z = \frac{\bar{\mu} - \underline{\mu}}{\bar{\mu}} \quad (25)$$

Сбережения, скорректированные на рост производительности

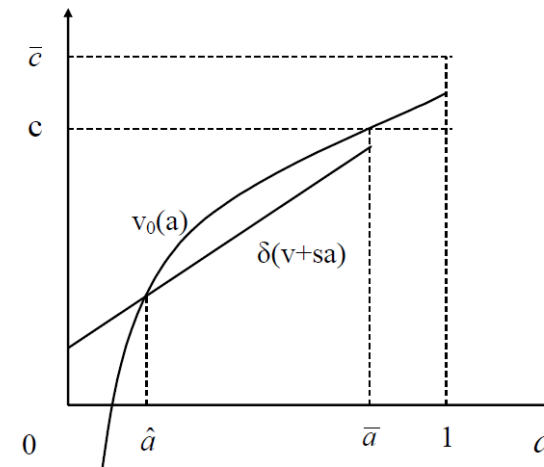
$$\bar{S} = \frac{1+r}{1+\bar{g}}\sigma w \quad (26)$$

Если (22) выполнено как равенство, то из ограничений (19)-(23) с учетом определений (23)-(26) получим

$$\begin{aligned} (\bar{\mu} - \underline{\mu})(\pi - y) &= z(\bar{\mu}\pi - \bar{\mu}y) \\ &= z(\bar{\mu}\pi - x) = z(v + sa) \end{aligned} \quad (27)$$

Выбирая формат проекта, предприниматель сравнивает  $v0$  и  $z(v + sa)$ .

**График 5. Выигрыши предпринимателя в совместном и соло проектах.**



источник: построено автором на основе Aghion, Comin, Howitt, Tescu (2009)

Таким образом, доля секторов экономики, в которых предпринимаются инновации, будет кусочно-заданной функцией

$$\lambda(t) = \lambda(\bar{S}, a(t-1)) = f \left\{ \begin{array}{l} z(v + sa)/\bar{c}, a(t-1) \leq \hat{a} \\ v0(a(t-1))/\bar{c}, a(t-1) > \hat{a} \end{array} \right\} \quad (28)$$