

МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ, МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ

УДК 330.42

DOI: <https://doi.org/10.32782/2224-6282/167-22>**Верстяк А. В.**кандидат економічних наук, доцент,
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8090-1233>**Verstiak Andrii**

Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University

НЕОКЛАСИЧНА ПРИРОДА ТА ПЕРЕДУМОВИ ВИКОРИСТАННЯ БЕТА-КОНВЕРГЕНЦІЇ КРАЇН/РЕГІОНІВ

Досліджено методологічну основу концепції бета-конвергенції, яка ґрунтується на неокласичній моделі росту. Здійснено аналіз особливостей неокласичної моделі росту, головною з яких виступає неконкурентна природа ідей, що лежить в основі технології. Виявлено, що рівень зростання економіки, яка знаходиться нижче сталого стану, є високим та поступово знижується в часі. Автором доведено наявність певних умов щодо використання бета-конвергенції в емпіричних дослідженнях. По-перше, у моделях темп зростання доходу на душу населення та його відповідне початкове значення, як правило, обернено залежні, а отже, перевірка гіпотези конвергенції країн/регіонів має базуватися на оцінці такої залежності. По-друге, виробнича функція Кобба-Дугласа має володіти властивістю постійного ефекту від масштабу, що вимагає її емпіричного дослідження.

Ключові слова: конвергенція, еколого-економічна конвергенція, функція Кобба-Дугласа, неокласична модель росту, модель Солоу-Свана.

NEOCLASSICAL NATURE AND BACKGROUND OF BETA CONVERGENCE BETWEEN COUNTRIES/REGIONS

The methodological basis of beta-convergence concept (which is based on the neoclassical model of growth) is studied. According to the theory of convergence, there is a set of countries (regions, provinces) that are members of the so-called "convergence clubs" i.e. in these countries (or regions) there is the process of convergence of their social and economic development towards more developed countries (regions). Numerous empirical studies of scientists around the world on this topic are currently a powerful basis for the development of appropriate regional economic policy by governments. The period since the 1980s is characterized by increased interest of researchers in the convergence processes of regions and countries, as such processes have important positive consequences for the welfare of the population, economic growth and are the basis for effective regional policy. Today, a large number of scientists from around the world annually publish dozens of research results based on the use of convergence, which is based on a non-classical model of growth. However, these studies should take into account the nature of non-classical growth models, their shortcomings and make appropriate modifications to the classical model. Given the above in this context it is common to analyze the features of the neoclassical model, the main of which is the non-competitive nature of the ideas underlying the technology. An analysis of the features of the neoclassical model of growth, the main of which is the non-competitive nature of the ideas underlying the technology. It was found that the level of growth of the economy, which is below the steady state, is high and gradually decreases over time. The author proves the existence of certain conditions for the usage of beta-convergence in empirical studies. First, in the models, the growth rate of per capita income and its corresponding initial value are usually inversely dependent, and therefore the testing of the hypothesis of convergence of countries/regions should be based on the assessment of such dependence. Second, the Cobb-Douglas production function must have the property of a permanent effect of scale, which requires its empirical study.

Keywords: convergence, ecological and economic convergence, Cobb-Douglas function, neoclassical growth model, Solow-Swan model.

JEL classification: O44, O47, C63

Постановка проблеми. Згідно з теорією конвергенції, існує такий набір країн (регіонів, провінцій), що є членами так званого «клубу конвергенції», тобто у цих країнах (або регіонах) відбувається процес зближення їх соціального та економічного розвитку у напрямі більш розвинених країн (регіонів). Численні емпіричні дослідження науковців всього світу з даної тематики

виступають сьогодні потужною базою для розроблення відповідної регіональної економічної політики урядами країн. Період починаючи з 1980-х років характеризується підвищенням інтересом дослідників до процесів конвергенції регіонів та країн, оскільки такі процеси мають важливі позитивні наслідки для добробуту населення, економічного зростання та є основою роз-

роблення ефективної регіональної політики. З іншого боку, поштовх до такого підвищення інтересу економістів з даної тематики, без сумніву, був пов'язаний із розробленням потужних наборів статистичних даних, які були сформовані А. Меддісоном [1] та Р. Саммерсом і А. Хестоном [2] та які активізували саме емпіричні дослідження процесів конвергенції.

Сьогодні численна кількість науковців з усього світу щороку друкує десятки результатів досліджень, які ґрунтуються на використанні β -конвергенції, котра базується на неокласичній моделі зростання. Однак у цих дослідженнях повинні враховуватися природа неокласичних моделей росту, їх недоліки та здійснюватися відповідна модифікація класичної моделі. Ураховуючи вищесказане, актуальним у даному контексті є аналіз особливостей неокласичної моделі, головною з яких виступає неконкурентна природа ідей, що лежить в основі технології.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо, що концепції σ та β конвергенції, які базуються на неокласичній теорії економічного зростання Р. Солоу [3], Ф. Рамсея [4] та Д. Кааса [5]. Підкреслимо, що в неокласичних моделях економічного зростання [3–5] процес конвергенції описує тенденції вирівнювання доходів на душу населення між «економіками», тобто країнами, регіонами, провінціями, штатами тощо. Як зазначає Д. Куа [6], доходи у цих моделях є узагальненим поняттям та у вигляді показника зближення використовуються, наприклад, ВВП або ВРП на душу населення, рентабельність активів, рівень інфляції, зарплата на одного працівника і навіть політичні настрої. Відзначимо, що сьогодні набула особливої актуальності не лише соціально-економічна, а й еколого-економічна конвергенція, яка базується на аналогічному методологічному апараті. Оскільки в одному з останніх досліджень [7], здійснено детальний мета-аналіз емпіричних робіт, серед останніх статей із даної проблематики виділимо публікації [8–11], автори яких теж спираються на неокласичні моделі зростання та бета-конвергенцію.

Однак відмітимо, що в емпіричних дослідженнях процесів конвергенції повинна враховуватися природа неокласичних моделей росту, їх недоліки та здійснюватися відповідна модифікація класичної моделі, чого в наявних дослідженнях немає. Тому актуальним в даному контексті є аналіз особливостей неокласичної моделі, головною з яких виступає неконкурентна природа ідей, що лежить в основі технології.

Мета статті полягає у виявленні особливостей емпіричного використання класичної моделі β -конвергенції шляхом аналізу її неокласичної природи.

Виклад основного матеріалу. Нагадаємо, що концепція конвергенції полягає у тому, що економіки з низькими рівнями доходів на душу населення (відносно їх стаціонарних рівнів) схильні до більш швидкого зростання основних показників на душу населення. Таку динаміку часто плутають з іншим змістом конвергенції, який полягає у тому, що дисперсія реального доходу на душу населення для певної групи регіонів знижується в часі. Усі показники нерівності по доходам – індекси Джині, Тейла, Аткінсона тощо – це статистики розподілу, які певною мірою говорять про дисперсію. А один із них – стандартне відхилення логарифма доходів $\sigma_t = \sigma(\ln y_t)$, де доходи в деякий

момент часу t і є безпосередньою характеристикою розподілу, який отримав назву σ -конвергенції. Вона має місце, якщо на деякому проміжку часу T справедлива нерівність $\sigma_{t+T} < \sigma_t$.

З іншого боку, безпосередня оцінка гіпотези, яка полягає у тому, що темп росту доходу на душу населення в економіці тим вище, чим нижче в ній даний дохід у початковий момент часу, здійснюється за допомогою саме β -конвергенції. Поява і розповсюдження двох описаних концепцій пов'язані з двома економістами – Х. Сала-і-Мартіном та Р. Барро, які їх детально описують у працях [12; 13].

Для існування σ -конвергенції необхідною умовою є наявність β -конвергенції, тому аналіз повинен починатися з оцінки саме останньої [14]. Так, рівняння β -конвергенції, яке, як уже зазначалося, базується на неокласичних моделях економічного зростання, метою побудови яких є формалізація та обґрунтування факторів нерівномірності розвитку регіонів (країн, провінцій), а також пошук причин, які призводять до зближення у часі рівнів доходів на душу населення та продукту регіону. Головна теза класичних досліджень економічного зростання [3–5] – регіони з меншим рівнем економічного розвитку зростають швидшими темпами, ніж ті, що мають вищий рівень такого розвитку. У неокласичних моделях росту ефект конвергенції посилюється за рахунок руху капіталу і технологій із багатих в економічному сенсі регіонів до бідних, а робочої сили – з бідних до багатих.

Для здійснення подальшого критичного аналізу розглянемо коротко, як неокласична модель економічного зростання призводить до рівняння β -конвергенції. Нехай, маємо економіку закритого типу; позначимо через Y_t – випуск продукції, K_t – обсяги капіталу витрачених на випуск продукції, L_t – трудові ресурси, а через T_t – рівень знань або технологій. Тоді виробнича функція матиме вигляд:

$$Y_t = F[K_t, L_t, T_t]. \quad (1)$$

У неокласичних моделях випуск може бути або спожитий (C), або інвестований (I): $Y_t = C_t + I_t$. У такій економіці обсяг заощаджень $S_t = Y_t - C_t \equiv I_t$. Тоді позначимо через s норму заощаджень. Виробнича функція (1) називається неокласичною, якщо вона задовольняє такі відомі вимоги:

1) функція $F(\cdot)$ володіє властивістю постійного ефекту від масштабу виробництва;

2) для всіх $K > 0$ та $L > 0$ функція $F(\cdot)$ володіє властивістю додатності та вибуття граничних продуктів кожного з ресурсів;

3) граничний продукт капіталу (або праці) повинен прямувати до безмежності за прямування капіталу (або праці) до нуля, та навпаки; властивості виробничої функції названі умовами Інади.

Окрім того, неокласичні моделі будуються на показниках у розрахунку на одну особу, тобто виробнича функція (1) після відповідних перетворень записується в інтенсивній формі як: $y = f(k)$. Для побудови виробничої функції в неокласичних моделях росту використовується функція Кобба-Дугласа:

$$Y_t = AK_t^\beta L_t^\alpha, \quad (2)$$

де $A > 0$ – рівень технології.

Виходячи з першої вимоги до виробничої функції, в економіці має мати місце постійний ефект від масштабу, тобто $\alpha + \beta = 1$, тоді (2) переписемо у вигляді:

$$Y_t = AK_t^\alpha L_t^{1-\alpha}. \quad (3)$$

Саме у вигляді (3) виробнича функція задовольняє властивостям неокласичної теорії. Проаналізуємо тепер динамічну поведінку економіки, яка описується такою функцією.

Відомо, що неокласична модель росту Солоу-Свана описується фундаментальним диференціальним рівнянням [3; 15]:

$$\dot{k} = s \cdot f(k) - (n + \delta) \cdot k, \quad (4)$$

де $k = K/L$, n – темп приросту населення, δ – коефіцієнт вибуття (амортизації) капіталу, крапка над змінною означає диференціювання по часу.

Відповідно, рівноважний або стаціонарний k^* стан у моделі Солоу-Свана відповідає $\dot{k} = 0$ в рівнянні (4):

$$s \cdot f(k^*) = (n + \delta) \cdot k^*. \quad (5)$$

Отже, зростання заощаджень призводить до короткотермінового підвищення темпів економічного розвитку та рівня капіталу на одного працівника. Проте таке зростання не впливає на рівень довготермінового або сталого розвитку, який усе ще дорівнює нулю. В умовах нормальної параметризації (тобто параметризації кривої, коли параметром є довжини дуги, яка відраховується від деякої фіксованої точки) швидкість конвергенції в напрямі нового сталого стану буде доволі швидкою. Наприклад, Барро та Сала-і-Мартін у 1990 р. емпірично довели, що модель передбачає зменшення за шість років половини відстані між k_0 та k^* [12], що лягло в основу багатьох подальших наукових досліджень конвергенції.

Таким чином, можна зробити концептуальний висновок, що рівень зростання економіки, яка знахо-

диться нижче сталого стану, є високим та поступово знижується в часі. Відобразимо на рис. 1 співвідношення між двома економіками: так званою бідною (P) та багатією (R). Бідна економіка має менший початковий розмір капіталу $k_{0P} < k_{0R}$ (ось чому ми її тривіально називаємо бідною). Припустимо, що бідна економіка має менший рівень заощаджень, а отже, наближається (тобто має місце процес конвергенції) до нижчого рівня сталого стану відношення «капітал – робоча сила» $k_P^* < k_R^*$. У такому разі ми бачимо зворотний процес, коли економіка з меншим рівнем економічного розвитку зростатиме нижчими темпами, ніж та, що має вищий рівень такого розвитку, тобто конвергенція відсутня в абсолютному змісті.

Тому виходячи з аналізу рис. 1, можна говорити про існування так званої умовної конвергенції, коли кожний регіон (країна) наближається до свого сталого стану з темпом росту, який постійно знижується. З емпіричного погляду це означає, що якщо сталий стан буде константою, регіони (країни) з меншим рівнем розвитку зростатимуть швидше, ніж ті, що мають вищий рівень. Якщо ж цього не зробити, то ми емпірично не побачимо такий процес, поки вони не досягнуть майже однакових сталих станів (якщо мається на увазі, що вони зближуються в однакові сталі стани).

Барро та Сала-і-Мартін у 1990 р. у відомому дослідженні [12] виявили вищеописану особливість на реальних даних. Так, вони показали, що штати у США демонструють абсолютну конвергенцію, тоді як країни світу – ні. Таке твердження має місце, оскільки штати США схожі за споживчими смаками та технологіями, а отже, вони наближаються до однакового сталого стану. Однак для великого набору країн науковці отримали відмінний результат – наявна тільки умовна конвергенція.

Із метою емпіричного дослідження конвергенції здійснюється логарифмічна лінеаризація рівняння (4):

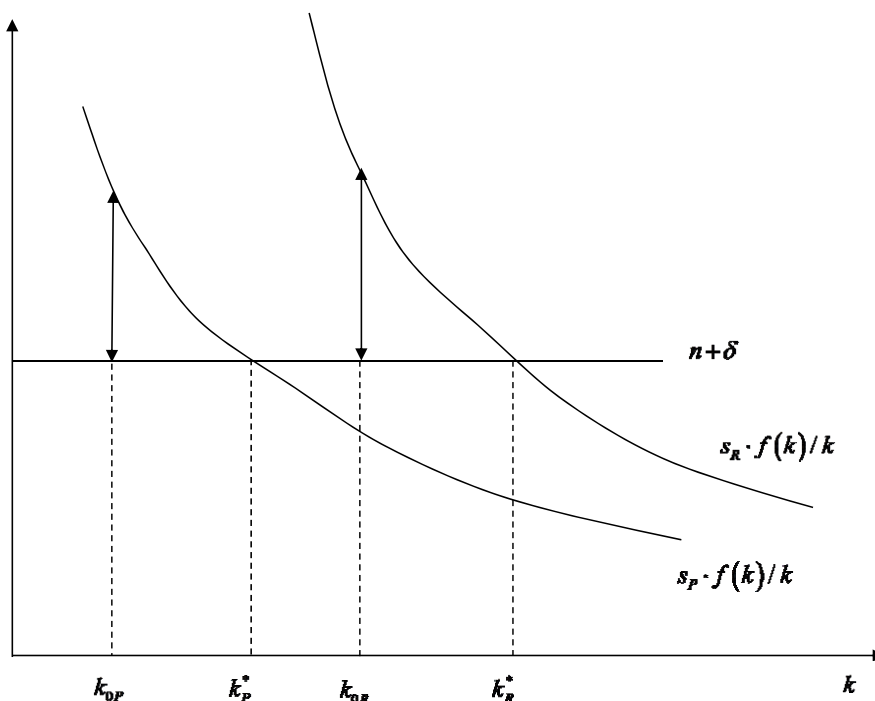


Рис. 1. Умовна конвергенція в неокласичній моделі

Джерело: складено за [15]

$$\log \left[\hat{y} \sqrt{b^2 - 4ac} (t) \right] = \log \left[\hat{y}(0) \right] \cdot e^{-\beta t} + \log \left(\frac{\hat{y}^*}{\hat{y}} \right) \cdot (1 - e^{-\beta t}). \quad (6)$$

Тоді середній рівень зростання у на інтервалі між датами 0 та T виглядатиме так:

$$\frac{1}{T} \cdot \log \left[\frac{y(T)}{y(0)} \right] = x + \frac{1 - e^{-\beta T}}{T} \cdot \log \left[\frac{\hat{y}^*}{\hat{y}(0)} \right]. \quad (7)$$

Чим вищий параметр β (звідки й пішов термін бета-конвергенції), тим швидше рівень середнього зростання реагує на різницю між $\log \left(\frac{\hat{y}^*}{\hat{y}} \right)$ та $\log \left[\hat{y}(0) \right]$, а отже, і вища швидкість конвергенції до сталого стану. Зауважимо, що модель (7) характеризує умовну конвергенцію, оскільки для заданих x (рівень екзогенного прискорення технологічного прогресу) та \hat{y}^* рівень зростання буде вищим, чим нижче буде значення $y(0)$. Конвергенція є умовною, оскільки $\hat{y}(0)$ входить до \hat{y} та x якість можуть відрізнятися для окремих регіонів (країн).

Таким чином, ми можемо говорити про наявність того, зазначена концепція передбачає наявність суттєвих дослідниками. У зв'язку з цим виникає проблема і щодо використання концепції σ -конвергенції. Так, β -конвергенція виникає тоді, коли темпи росту країн із нижчим рівнем соціально-економічного розвитку вище темпів росту країн із вищим рівнем такого розвитку, а концепція σ -конвергенції передбачає аналіз просторової дисперсії.

певних умов щодо використання співвідношення (7) в емпіричних дослідженнях. По-перше, у моделях темп зростання доходу на душу населення та його відповідне початкове значення, як правило, обернено залежні, а отже, перевірка гіпотези конвергенції країн/регіонів має базуватися на оцінці такої залежності, чого у вітчизняних публікаціях ми не побачили.

По-друге, виробнича функція Кобба-Дугласа (2) має володіти властивістю постійного ефекту від масштабу, що вимагає її емпіричного дослідження та побудови у формі (3), чого більшість авторів наукових публікацій не здійснювала, а відразу переходила до оцінки моделі у вигляді (7).

На додаток підкреслимо, що в неокласичній моделі країни виступають закритими економіками, що повинно враховуватися у дослідженні країн/регіонів, між якими здійснюється перерозподіл національного доходу.

Висновки. Таким чином, емпіричний аналіз β -конвергенції з метою дослідження процесів диференціації соціально-економічного розвитку країн/регіонів повинен урахувувати особливості неокласичної моделі зростання, головною з яких виступає неконкурентна природа ідей, що лежить в основі технології. Окрім цього, необхідно враховувати обов'язково повинні враховуватися

Список використаних джерел:

1. Maddison Angus. Phases of Capitalist Development. Oxford: Oxford University Press. The World Economy in the 20th Century. Paris : OECD, DevelopmentCentre, 1989.
2. Summers R, Heston A. A New Set of International Comparisons of Real Product and Price Levels: Estimates for 130 Countries. *Review of Income and Wealt.* 1988. Vol. 34. P. 1–25.
3. Solow R.A Contribution to the Theory of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economic.* 1956. Vol. 70. P. 65–94.
4. Ramsey F.P. A Mathematical Theory of Saving. *Economic Journal.* 1928. Vol. 38. P. 543–559.
5. Cass D. Optimum Growth in an Aggregative Model of Capital Accumulation. *Review of Economic Studies.* 1965. Vol. 32. P. 233–240.
6. Quah D. International Patterns of Growth: Persistence in Cross-Country Disparities. 1990. MIT Working Paper.
7. Acar S., Söderholm, P., Brännlund, R. Convergence of per capita carbon dioxide emissions: Implications and meta-analysis. *Climate Policy.* 2018. Vol. 18(4). P. 512–525.
8. Bilgili F., Ulucak R., Koçak E. Implications of Environmental Convergence: Continental Evidence Based on Ecological Footprint. In: Shahbaz M., Balsalobre D. (eds) Energy and Environmental Strategies in the Era of Globalization. *Green Energy and Technology.* Springer, Charm, 2019. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-06001-5_6.
9. Solarin S., Tiwari A, Bello M.. A multi-country convergence analysis of ecological footprint and its components. *Sustainable Cities and Society.* 2019. Vol. 46. P.101–422.
10. Veli Yilanci, Ugur Korkut Pata. Convergence of per capita ecological footprint among the ASEAN-5 countries: Evidence from a non-linear panel unit root test. *Ecological Indicators.* 2020. Vol. 113. P. 106–178.
11. Sinan Erdogan, Ilyas Okumus. Stochastic and club convergence of ecological footprint: An empirical analysis for different income group of countries. *Ecological Indicators.* 2021. Vol. 121. P. 107–123.
12. Barro R and Sala-i-Martin X. Economic Growth and Convergence Across the United States. 1990 B. NBER working paper 3419.
13. Barro R., and Sala-i-Martin X. Convergence. *Journal of Political Economy.* 1992. Vol. 100. P. 223–251.
14. Sala-i-Martin X. Regional cohesion: Evidence and theories of regional growth and convergence. *European Economic Review.* 1996. Vol. 40. P. 1325–1352.
15. Swan T. Economic Growth and Capital Accumulation. *Economic Record.* 1956. Vol. 32. P. 334–361.

References:

1. Maddison Angus. (1989) Phases of Capitalist Development. Oxford: Oxford University Press. The World Economy in the 20th Century. Paris: OECD, DevelopmentCentre
2. Summers R, Heston A. (1988) A New Set of International Comparisons of Real Product and Price Levels: Estimates for 130 Countries. *Review of Income and Wealt.*, vol. 34, pp. 1–25.
3. Solow R. (1956) A Contribution to the Theory of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economic.*, vol. 70, pp. 65–94.
4. Ramsey F.P. (1928) A Mathematical Theory of Saving. *Economic Journal.*, vol. 38, pp. 543–559.

5. Cass D. (1965) Optimum Growth in an Aggregative Model of Capital Accumulation. *Review of Economic Studies*, vol. 32, pp. 233–240.
6. Quah D. (1990) International Patterns of Growth: Persistence in Cross-Country Disparities, MIT Working Paper.
7. Acar S., Söderholm, P., Brännlund, R. (2018) Convergence of per capita carbon dioxide emissions: Implications and meta-analysis. *Climate Policy*, vol. 18(4), pp. 512–525.
8. Bilgili F., Ulucak R., Koçak E. (2019) Implications of Environmental Convergence: Continental Evidence Based on Ecological Footprint. In: Shahbaz M., Balsalobre D. (eds) *Energy and Environmental Strategies in the Era of Globalization. Green Energy and Technology*. Springer, Charm, https://doi.org/10.1007/978-3-030-06001-5_6
9. Solarin S., Tiwari A, Bello M. (2019) A multi-country convergence analysis of ecological footprint and its components. *Sustainable Cities and Society*, vol. 46, pp. 101–422.
10. Veli Yilanci, Ugur Korkut Pata (2020) Convergence of per capita ecological footprint among the ASEAN-5 countries: Evidence from a non-linear panel unit root test. *Ecological Indicators*, vol. 113, pp. 106–178.
11. Sinan Erdogan, Ilyas Okumus (2021) Stochastic and club convergence of ecological footprint: An empirical analysis for different income group of countries. *Ecological Indicators*, vol. 121, pp. 107–123.
12. Barro R and Sala-i-Martin X. (1990) Economic Growth and Convergence Across the United States. NBER working paper 3419.
13. Barro R., and Sala-i-Martin X. (1992) Convergence. *Journal of Political Economy*, vol. 100, pp. 223–251.
14. Sala-i-Martin X. (1996) Regional cohesion: Evidence and theories of regional growth and convergence. *European Economic Review*, vol. 40, pp. 1325–1352.
15. Swan T. (1956) Economic Growth and Capital Accumulation. *Economic Record*, vol. 32, pp. 334–361.