

DOI: 10.15276/ETR.02.2026.10

DOI: 10.5281/zenodo.20358388

UDC: 330.35:330.341.1-045.73:004

JEL: O30, O47, E13

Received: 2026-01-05, Revised: 2026-02-16, Accepted: 2026-02-25, Published: 2026-03-11

ЕНДОГЕННЕ ЗРОСТАННЯ, ТЕХНІЧНИЙ ПРОГРЕС І ПРОБЛЕМА КОНВЕРГЕНЦІЇ В ЦИФРОВІЙ ЕКОНОМІЦІ

ENDOGENOUS GROWTH, TECHNOLOGICAL PROGRESS, AND THE CONVERGENCE PROBLEM IN THE DIGITAL ECONOMY

Taras O. Pasichnyk, PhD in Economics, Associate Professor
University of Customs and Finance, Dnipro, Ukraine
ORCID: 0000-0002-7284-7345
Email: taras.pasichnyk@gmail.com

Пасічник Т.О. Ендогенне зростання, технічний прогрес і проблема конвергенції в цифровій економіці. Оглядова стаття.

Стаття присвячена аналізу еволюції теорій економічного зростання від екзогенних моделей до підходів, у яких продуктивність, технічний прогрес та інновації набувають ендогенного характеру. Розглянуто ранні ендогенні моделі зростання: АК-моделі та моделі з екстерналіями у вигляді переливів знань. Окреслено основні суперечності дискусії про (не)конвергенцію, пов'язані з припущеннями неокласичної моделі та їх неповною узгодженістю з емпіричними даними. На прикладі ранніх ендогенних моделей проаналізовано, чому абсолютна конвергенція не є автоматичною, і як це пов'язано з послабленням механізму спадної граничної віддачі від накопичуваного фактора, а також з роллю економічної політики. Обґрунтовано релевантність цих моделей для інтерпретації процесів зростання в умовах цифрової економіки.

Ключові слова: переливи знань, штучний інтелект, технічний прогрес, конвергенція, дивергенція, неокласична модель, ендогенне зростання

Pasichnyk T.O. Endogenous Growth, Technological Progress, and the Convergence Problem in the Digital Economy. Review article.

The paper traces the evolution of growth theory from exogenous frameworks to approaches treating productivity, technological progress, and innovation as endogenous. It considers early endogenous models – AK-type specifications and models with knowledge-spillover externalities. The main contentions in the convergence debate are outlined, with attention to neoclassical assumptions and their alignment with empirical evidence. The analysis clarifies why absolute convergence is not automatic, linking this to a weakening of diminishing marginal returns and to the role of policy. The relevance of these mechanisms for interpreting growth dynamics in the digital economy is also discussed.

Keywords: knowledge spillovers, artificial intelligence, technological progress, convergence, divergence, neoclassical model, endogenous growth

Тракування технічного прогресу як екзогенного чинника в канонічній неокласичній моделі зростання є обмеженим з двох причин. По-перше, така постановка не пояснює механізму виникнення та прискорення інновацій і, відповідно, не дає внутрішнього обґрунтування сталого довгострокового зростання. По-друге, емпіричні спостереження свідчать, що технічний прогрес часто є результатом цілеспрямованої економічної діяльності суб'єктів господарювання, які мають стимули до участі в інноваційному процесі [1].

Саме тому в середині 1980-х років у літературі з економічного зростання посилюється розуміння: попри корисність неокласичної моделі для аналізу перехідної динаміки та рівнів доходу, вона не пояснює довгострокове зростання на душу населення, оскільки темп технічного прогресу задається ззовні. За відсутності технічного прогресу і за стандартних припущень про спадну віддачу економіка збігається до стаціонарного стану, в якому не зростають ні капіталоозброєність праці, ні випуск на душу населення [2]. Водночас тривале зростання багатьох країн протягом десятиліть зумовило потребу в теоріях, які пояснюють джерела технічного прогресу та його темп як результат економічних рішень, а не як екзогенно заданий процес.

Аналіз останніх публікацій по проблемі

Протягом останніх десятиліть питання економічного зростання та економічного розвитку є предметом численних наукових досліджень, і загалом можна стверджувати, що інтерес до цієї теми не згасає. У сучасній літературі поширеною є позиція, що одним із ключових чинників розвитку, особливо в умовах цифрової економіки, є інновації та технічний прогрес. Починаючи з середини 1980-х років, у фокусі дедалі частіше перебуває саме ендогенний інноваційний процес – тобто такий, що визначається стимулами й рішеннями економічних агентів.

Важливим елементом дискусії про природу технічного прогресу є питання, чи спостерігається

в довгостроковій перспективі тенденція до «наздоганяння» (конвергенції) біднішими країнами багатших за рівнем доходу (продуктивності) на душу населення [3-5], а також які чинники пояснюють випадки, коли такого «наздоганяння» не відбувається і траєкторії розвитку розходяться (дивергенція) [6-7].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми

Попри значний обсяг літератури з питань економічного зростання та (не)конвергенції, чимало сучасних робіт мають емпіричний характер і суттєво залежать від методології (вибору показників, періодів спостереження та економічних підходів). Тому різні дослідницькі стратегії нерідко приводять до різних, інколи протилежних висновків. Саме з цієї причини поряд із пошуком емпіричних закономірностей важливо мати чітку аналітичну рамку, яка пояснює механізми зростання та окреслює теоретичні умови, за яких конвергенція виникає або ні. У цьому дослідженні увагу зосереджено на ранніх ендогенних моделях зростання, оскільки вони дають інструментарій для інтерпретації тривалих міжкраїнних розривів і потенційної дивергенції.

Формулювання цілей дослідження (постановка завдання)

Метою статті є аналіз того, як перехід від екзогенних (неокласичних) моделей економічного зростання до ранніх ендогенних моделей (АК-моделей і моделей з екстерналіями у вигляді переливів знань) змінив трактування ролі технічного прогресу та інновацій в економічному розвитку і, як наслідок, вплинув на висновки щодо конвергенції чи дивергенції країн за різних початкових умов і структурних параметрів.

Для досягнення цієї мети необхідно виконати наступні завдання:

- систематизувати проблему конвергенції в неокласичній парадигмі зростання, окреслити ключові емпіричні суперечності навколо (не)конвергенції та оцінити, наскільки припущення канонічних неокласичних моделей узгоджуються з даними;
- проаналізувати на прикладі АК-моделі та моделі П. Ромера з переливами знань, чому механізм автоматичного «наздоганяння» слабшає або зникає, і як це пов'язано з послабленням припущення про спадну граничну віддачу від накопичуваного фактора на агрегованому рівні, а також із роллю структурних параметрів та економічної політики;
- пояснити зв'язок ранніх ендогенних моделей з реаліями цифрової економіки – інтерпретувати поняття «широкого» капіталу (цифрових та нематеріальних активів), окреслити канали переливів знань і бар'єри доступу та обґрунтувати, чому це може підтримувати стійкі розриви і підвищувати ризик дивергенції.

Матеріали та методи

Дослідження є теоретико-аналітичним і ґрунтується на критичному огляді та формальному аналізі моделей економічного зростання. Алгоритм роботи побудовано в три етапи.

На першому етапі проведено систематизацію проблеми конвергенції в неокласичній парадигмі зростання та виявлено емпіричні розбіжності навколо (не)конвергенції. Базу джерел склали публікації у провідних рецензованих виданнях, монографії та робочі документи міжнародних організацій.

На другому етапі виконано формальний аналіз двох ранніх моделей ендогенного зростання – базової АК-моделі та моделі П. Ромера з технологічними переливами знань. Використано стандартний інструментарій теорії оптимального керування у неперервному часі: задача максимізації корисності репрезентативного домогосподарства з функцією CRRA, рівняння Гамільтона у поточній вартості, рівняння Ейлера та умова трансверсальності. На цій основі виведено умови існування траєкторії збалансованого зростання, рівноважні темпи зростання споживання і капіталу, рівноважну норму заощаджень. Okремо проаналізовано ефект пропорційного податку на дохід від капіталу, показано «розрив» між приватними і суспільно оптимальними стимулами до інвестування.

На третьому етапі застосовано порівняльний аналіз: отримані теоретичні висновки зіставлено з емпіричними результатами щодо конвергенції і адаптовано під сучасний контекст цифрової економіки, передусім поширення штучного інтелекту як технології загального призначення. Застосована змістовна інтерпретація параметрів моделей у термінах «широкого капіталу» (нематеріальні та цифрові активи, дані, моделі штучного інтелекту).

Виклад основних результатів та їх обґрунтування

Ключовою причиною того, що в неокласичній моделі без технічного прогресу немає довгострокового зростання на душу населення, є спадна віддача капіталу у виробничій функції: що більший запас фізичного капіталу, то менший приріст випуску дає додаткова одиниця капіталу. Відповідно, саме по собі нагромадження капіталу не може підтримувати нескінченне зростання – економіка збігається до стаціонарного стану. Цю проблему економічна наука намагалася розв'язати двома основними способами:

1) розширити поняття «капіталу» (додавши людський капітал, знання тощо) і припустити, що на агрегованому рівні віддача від такого «розширеного» капіталу є (майже) постійною – сімейство АК-моделей;

2) ендогенізувати технологічні зміни, тобто пояснювати їх як результат стимулів і рішень економічних агентів; цей принцип лежить в основі значної частини сучасних теорій, а також ранніх моделей, які пояснюють сталі темпи зростання

через екстерналії у вигляді переливів технологій і знань.

Важливо розрізнити ендогенне економічне зростання та економічне зростання з ендогенним технічним прогресом. Ендогенне зростання – ширший клас моделей, до якого належать не тільки сучасні інноваційні моделі, а й моделі неокласичного типу (зокрема АК-моделі та моделі з екстерналіями – переливами знань і навчанням у процесі діяльності), у яких стає зростання може виникати як за наявності, так і без явного моделювання сектору НДДКР. У таких постановках зазвичай зберігаються стандартні мікроекономічні основи (оптимізація домогосподарств) і неокласична технологія в секторі кінцевого продукту; також припускається конкурентність на ринках факторів виробництва. Натомість ендогенність технічного прогресу звужує коло моделей до тих, які прямо пояснюють механізм і стимули створення нових знань – інноваційну діяльність підприємств, інвестиції в НДДКР та умови привласнення вигод від інновацій. Такий аналіз, як правило, потребує послаблення частини неокласичних припущень, передусім щодо досконалої конкуренції, оскільки для стимулів до інновацій потрібні механізми привласнення вигод (наприклад, патенти або тимчасова ринкова влада).

АК-модель – спрощена модель ендогенного зростання, у якій довгострокове зростання випуску на душу населення можливе навіть без екзогенно заданого технічного прогресу. Її ключова властивість – відсутність спадної граничної продуктивності відтворюваного фактору (капіталу), тобто порушення стандартних умов Інади. На відміну від канонічної неокласичної моделі із спадною віддачею, де просте нагромадження капіталу не може підтримувати нескінченне зростання на душу населення, в АК-моделі гранична віддача не знижується, тому інвестування здатне підтримувати довгострокове зростання. Якщо додати технічний прогрес (екзогенний або ендогенний), він додатково впливатиме на темп зростання.

Розглянемо базову АК-модель (далі слідуємо викладу в [2, 8, 9]). Для спрощення запису часові індекси t біля змінних надалі опускаємо (окрім випадків, де це необхідно для демонстрації міжчасових змін), маючи на увазі, що $x = x(t)$ тощо. Припускаємо, що чисельність населення (або «розмір» репрезентативного домогосподарства) зростає експоненційно з темпом n , а праця пропонується нееластично; при цьому N (чисельність населення) дорівнює L (кількості працівників). Уподобання домогосподарства задаються CRRA-функцією корисності, що забезпечує сталу еластичність міжчасового заміщення $1/\theta$ та узгоджується з аналізом траєкторій збалансованого зростання:

$$U = \int_0^{\infty} e^{-(\rho-n)t} \left[\frac{c^{1-\theta} - 1}{1-\theta} \right] dt, \quad (1)$$

з бюджетним обмеженням на душу населення:

$$\dot{a} = (r-n)a + w - c, \quad (2)$$

де a – активи на душу населення,
 r – відсоткова ставка,
 n – темп зростання населення,
 w – трудовий дохід (заробітна плата) на душу населення,
 c – споживання на душу населення,
 ρ – норма часової переваги,
 θ – коефіцієнт відносноної відради до ризику.
 Встановимо обмеження на допустиму траєкторію активів, щоб домогосподарство не могло фінансувати споживання через безмежне рефінансування боргу (умова відсутності схеми Понці):

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \left[a(t) e^{-\int_0^t (r(s)-n) ds} \right] \geq 0. \quad (3)$$

Умови оптимальності (рівняння Ейлера) задають темп зростання споживання на душу населення:

$$\frac{\dot{c}(t)}{c(t)} = \frac{1}{\theta} (r(t) - \rho). \quad (4)$$

Формула (4) описує міжчасовий вибір домогосподарства: якщо $r(t) > \rho$, то відкладати споживання вигідно, і оптимальна траєкторія має $\dot{c}/c > 0$; якщо ж $r(t) < \rho$, домогосподарство є відносно нетерплячим (надає вищу вагу поточному споживанню) і оптимально $\dot{c}/c < 0$ (споживання з часом зменшується).

Умова трансверсальності, яка разом із (2)-(4) виключає траєкторії з «невикористаним» багатством у теперішній (дисконтованій) вартості, має вигляд:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \left[a(t) e^{-\int_0^t (r(s)-n) ds} \right] = 0. \quad (5)$$

Кінцевий продукт виробляється за технологією, описаною найпростішою виробничою функцією, лінійною за капіталом:

$$Y = AK, \quad A > 0,$$

де A – параметр продуктивності,
 K – капітал.

У цій базовій постановці праця явно не входить у виробничу функцію. Формально це можна розглядати як граничний випадок функції Кобба-Дугласа при $\alpha=1$: $Y = AK^\alpha L^{1-\alpha} \Rightarrow Y = AK$. Тоді граничний продукт праці дорівнює нулю, а конкурентна заробітна плата w у бюджетному обмеженні також дорівнює нулю – це одне з нереалістичних припущень базової АК-моделі, яке усувається в її модифікаціях.

Перепишемо виробничу функцію у змінних на душу населення:

$$y \equiv \frac{Y}{L} = f(k) = Ak, \quad k \equiv \frac{K}{L}.$$

Важливо, що не виконується одна з умов Інади:

$$\lim_{k \rightarrow \infty} f'(k) = A > 0,$$

що є ключовим для можливості сталого зростання, оскільки гранична віддача від капіталу не прямує до нуля навіть за великих значень k .

За умов досконалої конкуренції граничний продукт капіталу дорівнює орендній ставці капіталу $R=A$, а чиста відсоткова ставка визначається як $r(t)=R(t)-\delta$. Отже,

$$r(t) = r = A - \delta. \quad (6)$$

Конкурентна рівновага в описаній економіці – це сукупність траєкторій $[c(t), k(t), w(t), R(t)]_{t=0}^{\infty}$, за яких репрезентативне домогосподарство максимізує корисність (1) за бюджетного обмеження (2), умови відсутності схеми Понці (3) та умови трансверсальності (5), за заданого початкового значення $k(0)$ і заданих факторних цін. У базовій АК-постановці $w(t)=0$, $r(t)=A-\delta$ [8].

Оскільки в цій закритій економіці єдиним активом є фізичний капітал, активи на душу населення збігаються з капіталоозброєністю: $a=k$. Використовуючи $w=0$ і формулу (6), перепишемо (2), (4) і (5) як:

$$\begin{aligned} \dot{k} &= (A - \delta - n)k - c, \\ \frac{\dot{c}}{c} &= \frac{1}{\theta} (A - \delta - \rho), \end{aligned} \quad (7)$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} [k(t) e^{-(A-\delta-n)t}] = 0.$$

З рівняння (7) випливає, що темп зростання споживання не залежить від рівня капіталоозброєності k : права частина (7) є незмінною, отже незмінним є і темп зростання споживання \dot{c}/c . За $\theta > 0$ знак темпу визначається величиною $A - \delta - \rho$: якщо $A - \delta - \rho > 0$, то споживання на душу населення зростає, а якщо $A - \delta - \rho < 0$ – зменшується. Незалежність темпу зростання від k означає відсутність перехідної динаміки в темпах: економіка одразу перебуває на траєкторії збалансованого зростання. Інтегруючи (7), отримуємо:

$$c(t) = c(0) e^{(1/\theta)(A-\delta-\rho)t}.$$

Щоб забезпечити додатне зростання та виконання умови трансверсальності (і скінченність інтеграла корисності) накладається параметрична умова:

$$A > \rho + \delta > (A - \delta)(1 - \theta) + \theta n + \delta.$$

Оскільки перехідної динаміки в темпах немає, темпи зростання споживання, капіталу та випуску

на душу населення є сталими на всій рівноважній траєкторії і визначаються рівнянням Ейлера (7). Зростання є ендогенним у тому сенсі, що його темп задається параметрами моделі (A, ρ, θ, δ).

Норма заощаджень на збалансованій траєкторії зростання є сталою, але ендогенною (визначається вподобаннями та технологією). Рівноважна норма заощаджень дорівнює частці валових інвестицій у випуску:

$$s = \frac{K + \delta K}{Y} = \frac{\dot{k}/k + n + \delta}{A} = \frac{A - \rho + \theta n + (\theta - 1)\delta}{\theta A}. \quad (8)$$

Як показано в [8], у цій моделі існує єдина збалансована траєкторія зростання, на якій споживання, випуск на душу населення і капіталоозброєність зростають з однаковим сталим темпом

$$\gamma = \frac{(A - \delta - \rho)}{\theta} > 0, \quad (9)$$

починаючи з будь-якого $k(0) > 0$, а норма заощаджень задається (8).

Оскільки в цій моделі «стаціонарний стан» має вигляд не точки, а траєкторії збалансованого зростання, рівновага характеризується тим, що споживання, капітал і випуск на душу населення зростають пропорційно – з одним і тим самим сталим темпом. Д. Аджемоглу показує, що за умов досконалої конкуренції, наявності репрезентативного домогосподарства та відсутності зовнішніх ефектів конкурентна рівновага в базовій АК-моделі є Парето-оптимальною [8].

Щоб проілюструвати роль фіскальної політики в АК-моделі, введемо пропорційну ставку податку на дохід від капіталу τ_k . Припустимо, що податкові надходження спрямовуються на державні видатки і не повертаються домогосподарству у вигляді трансфертів. Тоді бюджетне обмеження домогосподарства (на душу населення) набуває вигляду:

$$\dot{k} = \dot{a} = [(1 - \tau_k)r - n]a + w - c.$$

У базовій АК-постановці $w=0$, $a=k$, $r=A-\delta$, тому з рівняння Ейлера рівноважний темп зростання дорівнює:

$$\gamma = \frac{(1 - \tau_k)(A - \delta) - \rho}{\theta}.$$

Звідки випливає, що підвищення τ_k зменшує γ (за інших рівних). Рівноважна норма заощаджень на збалансованій траєкторії зростання є сталою, але ендогенною функцією фіскальної політики:

$$s = \frac{(1 - \tau_k)A - \rho + \theta n - (1 - \tau_k - \theta)\delta}{\theta A},$$

і є спадною за τ_k за умови $A - \delta > 0$. Відповідно, постійні відмінності у фіскальній політиці транслюються у постійні відмінності в темпі нагромадження та зростання. На відміну від

неокласичної моделі зі спадною віддачею (де за Харрод-нейтрального прогресу довгостроковий темп зростання здебільшого задається екзогенно), в АК-моделі навіть невеликі відмінності в τ_k можуть з часом генерувати значні розбіжності в рівнях доходу [8].

Приваблива особливість базової АК-моделі полягає в тому, що вона дає ендогенне зростання без явних ринкових збоїв (екстерналії чи монопольної влади), а отже не виникає типового для моделей з екстерналіями розриву між приватною та суспільною віддачею. Водночас через високий рівень абстракції ця модель має принципове обмеження: за технології $y=Ak$ зростання забезпечується не механізмом інновацій або накопичення знань, а припущенням про відсутність спадної віддачі від відтворюваного фактора. Тому базова АК-модель не пояснює джерела технічного прогресу та його роль у довгостроковому зростанні.

Якщо спробувати поєднати базову АК-логіку з цілеспрямованими інноваціями, зберігаючи неокласичні припущення досконалої конкуренції та постійної віддачі від масштабу, виникає суперечність. По-перше, інновації зазвичай потребують фіксованих витрат (наприклад, на НДДКР). За досконалої конкуренції та вільного входу на ринок економічний прибуток у довгостроковій рівновазі прямує до нуля, тому стійкого джерела покриття фіксованих інноваційних витрат немає: будь-яка тимчасова рента зникає через конкуренцію та пристосування цін.

По-друге, якщо результат інновації є повністю виключним, інноватор може отримувати прибутки, але тоді з'являється ринкова влада і порушується припущення досконалої конкуренції. Якщо ж технологія є невиключною, інші фірми можуть безкоштовно використовувати нововведення, і в умовах конкуренції рентні прибутки знову зникають, тож інноваційні витрати не відшкодовуються. Отже, у конкурентному неокласичному середовищі технічний прогрес не може стійко підтримуватись цілеспрямованою інноваційною діяльністю без додаткових механізмів привласнення вигод. У цьому сенсі базова АК-модель забезпечує ендогенне зростання, але не моделює ендогенний технічний прогрес; її доречніше трактувати як спрощену формалізацію механізму сталого зростання через нагромадження, а не як повноцінну «економіку інновацій».

Існують численні модифікації базової АК-моделі, які усувають частину її недоліків. Зокрема, модель виглядає більш застосовною до реальної економіки, якщо трактувати капітал як широкий відтворюваний фактор. Одна з поширених інтерпретацій полягає в тому, що капітал включає не тільки фізичні активи, а й людський капітал – навички, кваліфікацію і знання. Тоді випуск описується функцією:

$$Y=F(K,H), \quad H=hL,$$

де h – рівень ефективності чи кваліфікації працівника,

hL – ефективна праця.

У такому трактуванні АК-логіку можна розглядати як спрощене подання моделі з фізичним і людським капіталом за умови, що агрегований відтворюваний фактор (фізичний і людський капітал у сукупності) входить у виробничу функцію лінійно або майже лінійно, так що його гранична віддача не зменшується із зростанням масштабу. Відповідно, домогосподарство приймає рішення не лише щодо споживання та нагромадження фізичного капіталу, а й щодо інвестицій у людський капітал.

У такій постановці: а) зникає нереалістичний результат нульової заробітної плати (характерний для базової функції $Y=Ak$ без праці); б) виробнича функція може мати стандартні неокласичні властивості щодо окремих факторів (зокрема увігнутість і спадну граничну продуктивність); в) стає ендогенне зростання зберігається, але його джерело стає більш структурно обґрунтованим – воно пов'язане з механізмом нагромадження людського капіталу, а не лише з лінійністю виробничої функції $Y=Ak$; г) на траєкторії збалансованого зростання змінні зростають з однаковим сталим темпом.

С. Ребело [10] показав, що ендогенне зростання можна зберегти і без введення людського капіталу, отримуючи при цьому більш реалістичні факторні частки. Ідея полягає в поділі економіки на два сектори: у секторі споживчих товарів праця має додатний граничний продукт, тоді як у секторі інвестиційних товарів інвестиції виробляються лінійно з капіталу (без використання праці), що й підтримує ендогенне зростання.

Сектор споживчих товарів описується технологією Кобба-Дугласа, де праця має додатний граничний продукт; відповідно, заробітна плата є додатною, а факторні частки можуть бути сталими:

$$Y_C=BK_C^\alpha L_C^{1-\alpha},$$

де B – параметр продуктивності у секторі споживчих товарів,

K_C, L_C – капітал і праця в секторі споживчих товарів.

Сектор інвестиційних товарів виробляє інвестиції лінійно з капіталу без використання праці:

$$I=A K_I, \quad (10)$$

де K_I – капітал у секторі інвестиційних товарів.

Специфікація (10) є аналітичним спрощенням і відповідає граничному (екстремальному) випадку, в якому сектор інвестиційних товарів є максимально капіталомістким. Тоді інвестиції визначають нагромадження капіталу:

$$\dot{K}=I-\delta K.$$

Інтуїція двосекторної постановки така: споживчий сектор може мати стандартну неокласичну технологію зі спадною віддачею (наприклад, Кобба – Дугласа), що забезпечує додатний граничний продукт праці та реалістичні факторні частки. Водночас лінійна технологія у секторі інвестиційних товарів означає, що на рівні всієї економіки гранична віддача від нагромадження відтворюваного фактора може не спадати, а отже, можливе стає ендогенне зростання. Втім, припущення про відносну вищу «капіталомісткість» інвестиційного сектору не має однозначного емпіричного підтвердження: залежно від країни, періоду та способу вимірювання співвідношення між інвестиційним і споживчим секторами може бути різним і навіть змінюватися з часом (див., напр., [11, 12]).

Один із важливих наслідків двосекторної постановки полягає в тому, що вона може породжувати безперервне «поглиблення капіталу» у сенсі зростання коефіцієнта капітал-випуск K/Y [8]. Це пов'язано з тим, що за лінійної технології в секторі інвестицій капітал може нагромаджуватися швидше, ніж зростає випуск (зокрема у споживчому секторі), тож відношення K/Y не обов'язково стає. Такий результат потенційно конфліктує із «стилізованими фактами» Калдора, де приблизна сталість K/Y вважається однією з ключових емпіричних регулярностей збалансованого зростання. Водночас реалістичність зростання K/Y є дискусійною і суттєво залежить від вимірювання: для значної частини ХХ ст. K/Y оцінювали як відносно стабільний показник, тоді як із 1970-1980-х років у багатьох оцінках він демонструє стійке зростання [8, 13, 14]. Важливо, що на цю динаміку впливають корекції на відносні ціни інвестиційних товарів та зміна їхньої якості: якщо інвестиційні товари стають якіснішими або дешевшають відносно споживчих товарів, то порівняння K/Y у часі потребує відповідних поправок.

Логіка базової АК-моделі та її близьких модифікацій не пояснює джерел технічного прогресу, хоча сучасне довгострокове зростання зазвичай пов'язують передусім із підвищенням продуктивності. Втім, це не робить АК-моделі непридатними: у прикладних задачах їх можна використовувати як спрощене представлення механізму зростання через нагромадження. Тому ці моделі природно інтерпретувати як моделі ендогенного зростання через нагромадження капіталу, але не як моделі ендогенного технічного прогресу. Водночас технічний прогрес може проявлятися як «поглиблення» капіталу в широкому сенсі.

З огляду на реалії цифрової економіки, поняття «широкого капіталу» в логіці АК-моделі доцільно розширити не лише за рахунок людського капіталу. Зокрема, оригінальний аспект моделі П. Ромера [15] полягає в тому, що знання розглядаються як базова форма накопичуваних активів і змінюють формулювання стандартної агрегованої моделі зростання [16]. У сучасних умовах до таких активів можна віднести нематеріальні форми капіталу – програмне забезпечення, моделі штучного

інтелекту, дані, хмарну інфраструктуру, – а також матеріальний капітал із значною цифровою компонентою (робототехніка, автоматизовані лінії, Інтернет речей тощо). Ці технології часто заміщують частину трудових задач і підвищують ефективність виробництва. Відповідно, якщо трактувати їх як складові капіталу в широкому сенсі, частину того, що в стандартному обліку потрапляє до TFP (залишку Солоу), можна інтерпретувати як «поглиблення капіталу» в нематеріальних і цифрових активах.

Таким чином, один спосіб послабити роль спадної віддачі в моделях зростання – трактувати капітал у «широкому» сенсі, включаючи поряд із фізичним також людський капітал і пов'язані з ним знання та навички. Інший спосіб – запровадити технологічні екстерналії у вигляді переливів знань і навчання у процесі діяльності, коли продуктивність A еволюціонує ендогенно як побічний результат інвестування, який потенційно може підтримувати стає економічне зростання.

Зокрема, К. Ерроу [17] припустив, що технічний прогрес може бути ненавмисним побічним продуктом нагромадження капіталу через процес «навчання у процесі діяльності» ("learning-by-doing"). Виходячи з аргументу реплікації (за відсутності фіксованих витрат технологію можна відтворювати, масштабуючи всі фактори), за незмінного рівня технології виробнича функція на рівні фірми має демонструвати постійну віддачу від масштабу. Однак якщо знання трактувати як додатковий неконкурентний чинник виробництва, то на агрегованому рівні може виникати зростаюча віддача від масштабу, і тоді постає питання, як у межах досконалої конкуренції оплачувати фактори виробництва за їхніми граничними продуктами. Модель навчання у процесі діяльності дозволяє зберегти парадигму досконалої конкуренції, якщо припустити, що зростаюча віддача є зовнішньою щодо окремої фірми: вона не відображається у факторних цінах і не потребує «компенсації» у вигляді монопольної ренти [1].

Навчання у процесі діяльності можна розглядати як різновид переливів знань: новачки виникають як побічний результат виробництва та інвестицій і частково поширюються на інших агентів. На відміну від базової АК-моделі, де стає зростання забезпечується припущенням про лінійну віддачу капіталу, тут є конкретний механізм: досвід одних підвищує продуктивність багатьох через позитивну технологічну екстерналію. Унаслідок цього на рівні економіки спадна віддача може послаблюватися, і можливе стає зростання навіть тоді, коли на рівні окремої фірми вона зберігається.

Можливість сталого зростання через позитивні зовнішні ефекти (екстерналії) пояснювали по-різному. М. Френкель [18] припускав, що продуктивність є зростаючою функцією сукупного запасу капіталу (у найпростішій специфікації – пропорційною йому), не деталізуючи канали, через які знання поширюються між фірмами. Ц. Гріліхес [19] інтерпретував капітал як «знаннєвий капітал»,

пов'язаний передусім із НДДКР: K_i – запас знань окремої фірми, K – сукупний запас знань у галузі або країні; відповідно акцент робиться на НДДКР, а не на інвестиціях у фізичний капітал. У моделі Р. Лукаса [20] переливи виникають через людський капітал: продуктивність фірми зростає із підвищенням кваліфікації її працівників (приватний ефект), але додатково на неї впливає й середній рівень людського капіталу в економіці, який підвищує продуктивність усіх фірм (екстерналія). Р. Барро і Х. Сала-і-Мартін відзначають, що особливо впливовим став аналіз П. Ромера, зокрема через те, що він з'явився в «першій хвилі» нових моделей зростання [2].

Проаналізуємо детальніше модель П. Ромера з технологічними екстерналіями [15] (далі слідуємо математичному викладу в [2, 8] з незначними змінами). Припустимо, що економіка складається з дуже великої кількості фірм: існує континуум фірм, індексованих $i \in [0, 1]$. Сукупні запаси капіталу і праці задаються як $\int_0^1 K_i di = K$, $\int_0^1 L_i di = L$, де L є сталою величиною (праця пропонується нееластично). Кожна фірма виробляє за неокласичною технологією $F(\cdot)$, використовуючи капітал K_i та ефективну працю AL_i ; відповідно, F задовольняє стандартні властивості неокласичної виробничої функції, зокрема умови Інади:

$$Y_i = F(K_i, AL_i).$$

Важливо, що A – працездатуюча (Харрод-нейтральна) технологія, яка підвищує ефективність праці (її можна інтерпретувати як рівень знань або продуктивності), і вона є спільною для всіх фірм, тому записується без індексу i . Ключове припущення у П. Ромера полягає в тому, що рівень знань A зростає ендегенно на рівні всієї економіки завдяки переливам, пов'язаним із нагромадженням фізичного капіталу: A залежить від сукупного капіталу K (у простій специфікації $A=BK$). Отже, у виробничій функції кожна фірма використовує власний капітал K_i , але ефективність праці AL_i визначається сукупним рівнем знань, сформованим сукупним K . Унаслідок цього на рівні окремої фірми зберігається спадна віддача від K_i , тоді як на рівні економіки вона може зникати: за стандартних неокласичних припущень щодо $F(\cdot)$ і за сталої пропозиції праці L сукупний випуск набуває АК-подібної форми, тобто стає лінійним за K .

Ендегенність технічного прогресу тут полягає в тому, що на рівні економіки технологічний рівень A не задається екзогенно, а визначається певним законом руху. Водночас окремі фірми беруть A як задане, оскільки відповідний ефект є зовнішнім для них. Припущення про те, що знання зростають пропорційно до сукупного капіталу, можна інтерпретувати через «навчання у процесі діяльності»: у деяких секторах масштабніші інвестиції підвищують накопичений досвід фірм і працівників та роблять виробництво продуктивнішим [8]. Разом з тим, це дуже сильне припущення, адже в такій специфікації запас знань є лінійною функцією

капіталу і не містить внутрішніх механізмів, які б обмежували зростання A :

$$A=BK, \quad (11)$$

де B – параметр інтенсивності технологічних переливів, який пов'язує сукупний рівень знань із сукупним запасом капіталу в економіці.

Легко бачити, що за специфікації (11) на агрегованому рівні виникає ефект зростаючої віддачі від масштабу. Коли сукупний капітал K зростає, підвищується і технологічний рівень A , а отже зростає ефективність праці в усіх фірмах одночасно; через цей зовнішній ефект нагромадження капіталу супроводжується додатковим приростом продуктивності в економіці в цілому.

За умов досконалої конкуренції фірми приймають факторні ціни як задані, а заробітна плата і орендна ставка капіталу дорівнюють відповідним граничним продуктам: $w = \partial F(\cdot) / \partial L$, $R = \partial F(\cdot) / \partial K$. Враховуючи зазначене і підставляючи екстерналію $A=BK$, отримаємо виробничу функцію для економіки в цілому (за умови, що F є однорідною степеня 1):

$$Y = F(K, BKL) = K \cdot F(1, BL). \quad (12)$$

Оскільки L у моделі незмінна (темп зростання населення нульовий), то вираз $F(1, BL)$ є константою. Зручно позначити $f(L) = F(1, BL)$. Тоді з (12) маємо $Y = Kf(L)$, і ми приходимо до АК-подібної логіки: сукупний випуск є лінійним за капіталом.

Перейдемо до випуску на душу населення:

$$y = \frac{Y}{L} = \frac{K}{L} f(L) = kf(L),$$

тобто у прямопропорційний капітало-озброєності k , як і в АК-моделі.

Факторні ціни у децентралізованій рівновазі визначаються приватними граничними продуктами (фірми сприймають A як задане). Для агрегованої технології $Y = Kf(L)$ це дає:

$$w = \frac{\partial Y}{\partial L} = Kf'(L), \quad (13)$$

$$R = f(L) - Lf'(L).$$

Із (13) випливає, що заробітна плата w зростає разом із сукупним капіталом K : зі збільшенням K (а через екстерналію $A=BK$ – і зі зростанням рівня знань A) підвищується ефективність праці, тому зростає і граничний продукт праці. Рентна ставка капіталу R , навпаки, не залежить від K і за фіксованого L є сталою величиною. Інтуїція така: у стандартній неокласичній моделі зі спадною віддачею зростання K знижує граничний продукт капіталу, а отже й R . У цій постановці граничний продукт капіталу визначається співвідношенням $K/(AL)$. Додаткова одиниця капіталу, з одного боку, зменшувала б віддачу через спадну продуктивність, але, з іншого боку, одночасно

підвищує $A=BK$ і тим самим збільшує AL . За цих умов обидва ефекти компенсуються, тому R залишається сталою.

Конкурентну рівновагу, як і в неокласичній моделі зростання, можна описати як траєкторії агрегованих змінних споживання і капіталу $[C(t), K(t)]_{t=0}^{\infty}$, що узгоджуються з максимізацією корисності репрезентативного домогосподарства, а також як траєкторії заробітної плати і рентної ставки $[w(t), R(t)]_{t=0}^{\infty}$, які забезпечують рівновагу на ринках факторів («очищують» ринки) [8]. Водночас через екстерналію $A=BK$ кожна окрема фірма сприймає A як задане і не враховує, що її інвестиції в капітал підвищують майбутній рівень продуктивності в економіці в цілому. Тому приватні стимули до інвестування є нижчими за суспільно оптимальні, а рівноважні факторні ціни відображають лише приватні граничні продукти (без урахування зовнішнього ефекту).

Оскільки R є сталою величиною за фіксованого L , то і чиста відсоткова ставка $r=R-\delta$ також є сталою. Це означає, що темп зростання споживання $\gamma_c \equiv \dot{C}/C$ є сталим і, за рівнянням Ейлера, дорівнює:

$$\gamma_c = \frac{r-p}{\theta} = \frac{1}{\theta}(R-\delta-p) = \frac{1}{\theta}(f(L)-Lf(L)-\delta-p). \quad (14)$$

На збалансованій траєкторії капітал, випуск і споживання зростають з одним і тим самим темпом, що відповідає АК-подібній логіці агрегованої технології. Така траєкторія існує за виконання умови трансверсальності; зокрема, інтеграл корисності є скінченним, якщо $(1-\theta)(f(L)-Lf(L)-\delta) < p$. Важливо також, що в цій специфікації рівноважний темп зростання залежить від L . Тому, щоб зберігалася траєкторія збалансованого зростання з постійним темпом і не виникали проблеми з трансверсальністю, у базовій постановці припускають нульовий темп зростання населення $n=0$, тобто сталий L .

Через наявність екстерналії децентралізована рівновага в цій моделі не є Парето-оптимальною: приватні стимули до інвестування в капітал є недостатніми, оскільки фірми не враховують, що їхні інвестиції підвищують майбутній рівень знань A і, відповідно, продуктивність інших виробників. Цей додатковий суспільний вигравш не відображається у ринкових цінах, тому рівноважний обсяг інвестицій є нижчим за суспільно оптимальний. Соціальний планувальник, на відміну від децентралізованих агентів, враховує повну віддачу від нагромадження: більший запас капіталу K сьогодні означає вищий рівень A завтра і, як наслідок, вищий випуск в економіці в цілому.

Порівняємо темпи зростання під соціальним планувальником і в децентралізованій економіці. Для цього запишемо задачу планувальника у змінних на душу населення та випишемо умови оптимальності через рівняння Гамільтона у поточній вартості:

$$\dot{k} = f(L)k - c - \delta k,$$

$$\begin{aligned} H(k, c, \mu) &= \frac{c^{1-\theta}}{1-\theta} + \mu(f(L)k - c - \delta k), \\ \frac{\partial H}{\partial c} &= c^{-\theta} - \mu = 0, \\ \frac{\partial H}{\partial k} &= \mu(f(L) - \delta) = -\dot{\mu} + \rho\mu, \\ \lim_{t \rightarrow \infty} (e^{-\rho t} \mu(t) k(t)) &= 0. \end{aligned}$$

Звідси сталий темп зростання споживання під соціальним планувальником дорівнює:

$$\gamma_s = \frac{1}{\theta}(f(L) - \delta - \rho). \quad (15)$$

Порівнюючи γ_s із γ_c з формули (14), бачимо, що в децентралізованій економіці темп зростання нижчий на величину $\frac{1}{\theta}Lf(L)$. Отже, ринок недоінвестує в капітал, бо не враховує переливів знань – тому економіка зростає, але повільніше, ніж могла б за суспільно оптимального розподілу.

Звідси випливають стандартні рекомендації економічної політики: щоб наблизити децентралізовану рівновагу до суспільного оптимуму, застосовують субсидії на інвестиції в капітал або субсидії на виробництво, які підвищують приватну віддачу від нагромадження. Водночас такі субсидії потрібно фінансувати, тому в моделі зазвичай припускають податок, що мінімально спотворює рішення агентів, наприклад паушальний (фіксований) податок [2].

Проблема моделей, які трактують знання як (частково) суспільне благо і джерело технологічних екстерналій, доволі очевидна. З одного боку, переливи знань виглядають природними, оскільки знання часто є неконкурентними, а їх поширення може відбуватися через спостереження, мобільність працівників, імітацію тощо. З іншого боку, у реальності фірми прагнуть обмежувати поширення знань – через комерційні таємниці, патенти, контрактні та організаційні бар'єри. Крім того, частина знань має «вбудований» характер: вона пов'язана з конкретними людьми, рутинами та контекстом використання і тому не завжди відокремлюється від самої організації навіть за відсутності формального захисту. У підсумку переливи знань зазвичай не є автоматичними і миттєвими: вони відбуваються повільно, частково та з істотними обмеженнями.

П. Ромер доволі критично оцінював запропоновану ним модель, оскільки пояснення зростання через маршалівські екстерналії не розкривало приватних стимулів фірм до створення нових знань [21]. Справді, якщо результати інновацій швидко стають доступними іншим, то інноватор майже не отримує додаткового прибутку від того, що «першим» щось відкрив, а отже мотиви цілеспрямовано інвестувати в НДДКР слабкі. Щоб виникли стійкі стимули до інновацій, зазвичай потрібні механізми часткової виключності й привласнення вигод (наприклад, патентний захист або інші форми тимчасової ринкової влади), що означає відхід від жорсткого припущення про досконалу конкуренцію та повну дифузю знань. Тому моделі переливів у найпростішій формі – це екстремальна

абстракція, яка дозволяє зберегти досконалу конкуренцію і отримати ендегенне зростання без явного моделювання монопольної влади в інноваціях.

Серед дискусійних рис моделі – ефект масштабу: за інших рівних, більша кількість працівників L означає вищий рівноважний темп зростання на душу населення. Причина в тому, що темп зростання залежить від L через $f(L)=F(1, BL)$: із зростанням L змінюється гранична віддача від капіталу (а отже рентна ставка R і рівноважний темп зростання). Водночас, як зауважують [2], такий висновок погано узгоджується з даними: в реальності темпи зростання на душу населення слабо пов'язані з розміром країни, і малі економіки нерідко зростають не повільніше за великі (детальніше цю дискусію розглянуто в [22]). Емпірична перевірка моделей переливів загалом складна, зокрема через невизначеність щодо того, на якому «масштабі» відбувається дифузія знань. Щоб прибрати механічну залежність зростання від L , модель часто модифікують, припускаючи, що знання залежать не від сукупного капіталу, а від середнього капіталу на працівника, наприклад, $A=B \frac{K}{L}$. Тоді ключовим стає не розмір економіки, а її середній рівень капіталоозброєності та здатність перетворювати інвестиції на продуктивність – «якість», а не лише «кількість» [2].

Моделі зростання з екстерналіями у вигляді переливів знань можуть слугувати придатною концептуальною рамкою для інтерпретації сучасних інформаційних технологій і цифрової економіки. У цифровому середовищі справді є багато прикладів знань, які є неконкурентними та принаймні частково невиключними, а отже здатні породжувати позитивні зовнішні ефекти: поширення програмного забезпечення з відкритим кодом, наукові публікації відкритого доступу, мобільність інженерних кадрів, реверс-інжиніринг, прийняття спільних стандартів тощо. Розвиток і використання систем штучного інтелекту також часто мають кумулятивний характер: їх впровадження створює нові дані, практики та інструменти, які можуть підвищувати продуктивність ширшого кола користувачів і фірм (зокрема через канали дифузії знань). Деякі сучасні огляди прямо трактують штучний інтелект як технологію загального призначення з потенціалом широких ефектів, але з невизначеними темпами та сильною залежністю від комплементарних інновацій і організаційних змін; у цьому сенсі його роль порівнюють із комп'ютерами, Інтернетом, а в історичній перспективі – з паровим двигуном або електрифікацією [23].

Водночас важливо враховувати обмеження цієї рамки. Навчання сучасних моделей штучного інтелекту пов'язане з великими фіксованими витратами (дані, обчислювальні ресурси, інфраструктура), а доступ до результатів нерідко є частково закритим (через патенти, комерційні таємниці, ліцензування, контроль над даними і платформами). Тому моделі переливів знань у «чистому» вигляді можуть недооцінювати проб-

лему привласнення вигод і, відповідно, приватні стимули до інвестування в створення нових знань. Для реалістичнішого опису цифрових технологій у таких моделях варто явно враховувати механізми часткової виключності, без яких мотивація приватних агентів інвестувати в інновації може слабшати.

Варто зауважити, що ендегенні моделі зростання загалом (не лише АК-моделі чи моделі з переливами знань) мають низку проблем, які не зникають автоматично просто через ендегенізацію технічного прогресу, на що звертають увагу деякі автори [24]. Одна з ключових – вимірювання людського капіталу і знань. У теоретичних моделях важливу роль відіграють нагромадження навичок і знань та навчання у процесі діяльності, тоді як в емпіричних дослідженнях ці поняття зазвичай замінюють статистично доступними показниками, які лише частково відображають закладений у модель зміст: витратами на освіту, роками навчання або оцінками «премії» до доходів, пов'язаної з освітою. Єдиної загальноприйнятої міри немає: кожен із цих показників має істотні вади – зокрема, слабо враховує якість освіти, неформальне навчання і навчання на робочому місці, а також потребує складних припущень щодо альтернативних (втрачених) доходів під час навчання тощо.

Чому бідні країни не завжди наздоганяють багаті: пояснення через механізми ендегенного зростання.

Конвергенція є одним із центральних передбачень моделей Солоу-Свона і Ремзі-Касса-Купманса (канонічних неокласичних моделей зростання) [25]: за однакових структурних параметрів і технологічних можливостей економіки з нижчим початковим рівнем доходу на душу населення мають зростати швидше, особливо в групі «подібних» країн. У класичній політичній економії (А. Сміт, Д. Рікардо [26], Дж-С. Мілль [27]) такого універсального механізму «автоматичного наздоганяння» немає – акцент робиться на механізмах розподілу, ресурсних обмеженнях (зокрема землі) та інституційних відмінностях, які можуть як сприяти зближенню рівнів розвитку, так і підтримувати розходження траєкторій. Однією з важливих мотивацій розвитку ендегенних теорій зростання стало те, що в емпіричних даних другої половини ХХ ст. не було переконливих підтверджень безумовної (абсолютної) конвергенції між країнами, а конвергенція, коли її виявляли, здебільшого мала умовний і повільний характер. Саме тому «суперечка щодо конвергенції» стала однією з ліній розмежування між неокласичними та ендегенними підходами; П. Ромер прямо трактував її як ключовий пункт цієї дискусії [28].

Р. Барро і Х. Сала-і-Мартін отримали емпіричні результати, які підтримують конвергенцію в умовному сенсі: економіки мають тенденцію зростати швидше (у перерахунку на душу населення), коли вони перебувають нижче свого довгострокового рівня, що визначається їхніми структурними характеристиками в рамці неокла-

сичної моделі. Найвиразніше це видно для штатів США на тривалому історичному інтервалі 1840–1988 рр., де типова оцінка швидкості конвергенції становить близько 2% на рік. Натомість у міжкраїнних порівняннях (вибірка з 98 країн, 1960–1985 рр.) конвергенція проявляється переважно як умовна: бідні країни зростають швидше тільки з урахуванням відмінностей у структурних характеристиках. На думку Р. Барро і Х. Сала-і-Мартіна, темпи конвергенції (або її відсутність) можуть визначатися не лише механікою спадної віддачі від капіталу, а й дифузією технологій, мобільністю капіталу і праці та початковими дисбалансами між видами капіталу (зокрема фізичного і людського) [29].

П. Ромер, у свою чергу, підкреслював, що емпіричні висновки щодо конвергенції істотно залежать від двох ключових припущень неокласичної моделі: екзогенності технічного прогресу та однакових технологічних можливостей (і доступу до них) для всіх країн. Спираючись, зокрема, на оцінки Р. Барро і Х. Сала-і-Мартіна, він підсумував, що навіть у моделях, близьких до неокласичних, конвергенція можлива, але відбувається дуже повільно [28]. Відповідно, якщо країни суттєво різняться технологічними можливостями або стикаються з бар'єрами доступу до знань і технологій; якщо дифузія знань є повільною та неповною; або якщо інвестиції в людський капітал є нерівномірними і підтримують стійкі відмінності у здатності економік освоювати нові знання, то конвергенція може бути вкрай повільною або не відбуватися взагалі. У такому разі розриви в рівнях доходу зберігатимуться або навіть зростатимуть, формуючи потенціал довготривалої дивергенції.

Складність емпіричної перевірки ключових неокласичних припущень і механізмів зростання стала однією з причин, чому наприкінці ХХ ст. економісти активніше розвивали альтернативні підходи: послаблювали припущення про спадну віддачу від нагромаджуваних факторів, а також ставили під сумнів екзогенність технічного прогресу і тезу про однакові технологічні можливості для всіх країн. У результаті акцент змістився до ендогенного пояснення довгострокового зростання та ролі технологічних змін у ньому. У цій статті ми розглянули дві ранні постановки такого типу – базову АК-модель і модель з технологічними переливами знань. На відміну від канонічних неокласичних моделей, вони не забезпечують автоматичного «наздоганяння» бідніших економік.

У базовій АК-моделі, якщо країни відрізняються структурними параметрами, то відрізняються і їхні довгострокові темпи зростання; за незмінних параметрів цей розрив зберігається. У цій постановці темп зростання визначається параметрами моделі та не залежить від початкового рівня капіталу чи доходу, тому абсолютна конвергенція (у сенсі «бідні зростають швидше лише тому, що вони бідні») відсутня. На відміну від неокласичної моделі зі спадною

віддачею, в АК-моделі бідна країна не наздоганяє багату «автоматично»: стійкі зміни довгострокового зростання можливі через зміну параметрів, що формують стимули до нагромадження, зокрема під впливом економічної політики.

У моделях, де спадна віддача від нагромадження капіталу проявляється дуже повільно, повільною може бути й конвергенція: економіка тривалий час перебуває на перехідній траєкторії й лише поступово наближається до шляху збалансованого зростання. Відповідно, економічна політика здатна впливати на динаміку протягом десятиліть, хоча не обов'язково змінює довгостроковий темп зростання назавжди. У таких випадках АК-модель може слугувати корисною апроксимацією неокласичної моделі на довгих перехідних інтервалах: якщо конвергенція є повільною, поведінка економіки протягом тривалого періоду може нагадувати АК-тип зростання [2].

Модель П. Ромера [15] з технологічними екстерналіями у вигляді переливів знань у контексті конвергенції є близькою до АК-моделі, оскільки на агрегованому рівні усуває спадну віддачу від капіталу. На рівні окремої фірми технологія є неокласичною і характеризується спадною віддачею від власного капіталу K_i . Проте через екстерналію $A=BK$ зростання сукупного капіталу K підвищує продуктивність усіх фірм, і в підсумку агрегований випуск набуває АК-подібної форми (лінійності за капіталом). За таких умов довгостроковий темп зростання на збалансованій траєкторії не залежить від початкового рівня доходу чи капіталу. Тому, як і в базовій АК-моделі, механізм абсолютної (безумовної) конвергенції є слабким або відсутнім: бідніша країна не зростає швидше лише через нижчий стартовий рівень. Отже, розриви в рівнях доходу можуть зберігатися, а за відмінностей у параметрах, доступі до технологій та спроможності їх засвоювати – навіть посилюватися.

На відміну від канонічних неокласичних моделей зростання, ранні ендогенні моделі зростання (зокрема АК-моделі і моделі з технологічними переливами) припускають, що навіть відносно невеликі відмінності в політиці, якості інституцій, технологічних можливостях або інших структурних характеристиках можуть зумовлювати стійкі відмінності в довгострокових темпах зростання. Як підкреслює Д. Аджемоглу, ця властивість є водночас «і благом, і прокляттям» [8]: з одного боку, такі моделі здатні пояснювати тривалі міжкраїнні розриви в доходах, а з іншого – можуть перебільшувати чутливість тривалого зростання до параметрів і економічної політики.

Більш прикладний висновок з АК-типу зростання полягає в тому, що економічна політика може залишати тривалий ефект у рівнях макроекономічних змінних навіть тоді, коли зміни політики є тимчасовими. Цей механізм детально проаналізовано у роботі С. Ребело [10]. Зокрема, одноразове підвищення податку може зумовити постійно нижчі траєкторії капіталу та споживання в рівнях. Після завершення шоку довгостроковий

темп зростання відновлюється, але економіка надалі зростає з нижчої бази [9]. Як зауважує С. Ребело, навіть невеликі відмінності в політичних режимах можуть означати різницю між зростанням і стагнацією [10].

Загалом, питання конвергенції (або її відсутності) є надто складним і багатограним, щоб повноцінно розглянути його в межах одного дослідження. За останні десятиліття цій темі присвячено тисячі наукових праць, а сама дискусія суттєво вплинула на еволюцію теорій економічного зростання. У цій статті ми звернулися до неї, щоб показати, як «суперечка щодо конвергенції» стала однією з мотивацій виходу за межі неокласичної рамки та посилення інтересу до ендогенних пояснень довгострокового зростання. Зокрема, ранні ендогенні моделі (АК-постановки та моделі з технологічними переливами) не передбачають механізму автоматичного «наздоганяння» і допускають тривалі розриви між країнами, якщо відрізняються умови нагромадження, доступ до технологій або здатність їх засвоювати. Водночас, за винятком деяких ранніх робіт, які зазнали суттєвої критики через економетричні проблеми, у літературі сформувався широкий консенсус: у міжкраїнних даних немає переконливих доказів абсолютної конвергенції за доходом на душу населення, тобто бідні країни, схоже, не наздоганяють багаті «безумовно» [5].

У будь-якому разі, однозначної емпіричної відповіді на питання конвергенції немає. Залежно від складу вибірки, способу обробки даних, набору показників, якими наближують структурні характеристики економік, а також від обраного економетричного підходу і методики вимірювання, дослідники можуть отримувати різні – інколи навіть протилежні – висновки. Деякі автори підкреслюють, що конвергенція не є плавним процесом: зростання має характер «старт – стоп» і супроводжується значною неоднорідністю між країнами. Крім того, конвергенцію доцільно трактувати як теоретичну конструкцію, що описує лише один аспект ширшої динаміки розвитку; тому цілком можливо, що механізми конвергенції та дивергенції одночасно діють у країнах на різних стадіях розвитку [5]. Відтак практичний акцент варто змістити з пошуку «остаточного вердикту» про наявність або відсутність конвергенції на аналіз механізмів, які формують траєкторії зростання; саме тому аналітичний розбір моделей зростання є особливо корисним.

У цьому контексті цікаво, яким може бути майбутнє економічного зростання в умовах масштабної цифровізації та поширення технологій штучного інтелекту. У звіті Регіонального бюро Програми розвитку ООН для Азії та Тихоокеанського регіону (UNDP RBAP) [30] штучний інтелект прямо пов'язується з ризиком дивергенції (розходженням траєкторій розвитку) через нерівномірний доступ до базових ресурсів і умов, відмінності у структурі економік та різну здатність держав пом'якшувати і компенсувати шоки. Теоретично конвергенція можлива за умов

швидкої дифузії цифрових технологій, низьких бар'єрів доступу та наявності навичок і інституційних передумов для їх ефективного засвоєння. Однак навіть за цих умов конвергенція не є автоматичною: діють чинники, які можуть зберігати або посилювати розриви. Серед ключових причин потенційної дивергенції, пов'язаної з поширенням штучного інтелекту, можна виокремити такі:

- штучний інтелект як технологія загального призначення може підвищувати продуктивність і стимулювати появу нових видів економічної діяльності, однак його ефекти зазвичай не є миттєвими: вони потребують організаційних змін, перебудови бізнес-процесів і розвитку нових навичок. Тому ранні вигоди частіше отримують економіки та фірми, що ближчі до технологічного фронтиру;
- стартові умови для впровадження штучного інтелекту істотно різняться між країнами, тож перші «дивіденди» з більшою ймовірністю отримують економіки з кращою інфраструктурою, людським капіталом, фінансовими ресурсами та інституційною спроможністю (зокрема якістю систем освіти);
- секторальна структура економіки може підсилити міжкраїнні розриви, оскільки очікувані прирости продуктивності від штучного інтелекту є неоднаковими за видами діяльності. Відповідно країни, що вже спеціалізуються на більш продуктивних секторах, можуть отримати непропорційно більший вигащ, ніж економіки з великою часткою низькопродуктивних секторів [30].

Висновки та перспективи подальших досліджень

За підсумками дослідження сформульовано такі висновки:

1. Необхідно розрізняти ендогенне економічне зростання та зростання з ендогенним технічним прогресом. Перше – це широкий клас теорій і моделей, у яких сталі темпи зростання випуску, споживання та капіталоозброєності на душу населення можуть бути наслідком рішень економічних агентів (зокрема щодо заощаджень, інвестицій і нагромадження капіталу) і не обов'язково потребують екзогенно заданого технічного прогресу, хоча швидше зростання продуктивності, безумовно, прискорює динаміку. Натомість моделі з ендогенним технічним прогресом є вужчим підкласом, який прямо пояснює стимули до створення нових знань (інновації, НДДКР, дифузія) і тому, як правило, вимагає послаблення частини неокласичних припущень – передусім досконалої конкуренції – щоб інноватор міг хоча б частково привласнювати вигоди від нововведень.

2. Сімейство АК-моделей пояснює довгострокове зростання насамперед тим, що припускає постійну (або майже постійну) граничну віддачу від відтворюваного фактора, який часто інтерпретують як «широкий капітал» (фізичний капітал, знання, нематеріальні активи тощо). На

відміну від моделей з ендогенним технічним прогресом, у базових АК-постановках зазвичай немає окремого механізму створення нових знань (НДДКР, інноваційного сектору): стале зростання виникає переважно через нагромадження «широкого» капіталу, а не через явне моделювання інновацій. Тому АК-моделі слабо відповідають на питання про джерела технічного прогресу, хоча залишаються корисними як спрощений опис механізму «поглиблення капіталу». У сучасній цифровій економіці до такого поглиблення можна віднести як матеріальний капітал із вагою цифровою складовою (робототехніка, Інтернет речей, автоматизовані лінії), так і нематеріальні активи (програмне забезпечення, моделі штучного інтелекту, дані, хмарна інфраструктура). Такі активи часто заміщують окремі трудові задачі й підвищують продуктивність, хоча у багатьох випадках можуть і доповнювати працю – залежно від типу завдань і організації виробництва.

3. Одні з ранніх спроб зробити технологічні зміни ендогенними пов'язані з моделями, у яких зростання підтримується маршалівськими технологічними екстерналіями у вигляді переливів знань. Проте така конструкція зазвичай не пояснює приватні стимули фірм до інноваційної діяльності, оскільки в ній відсутній (або надто спрощений) механізм привласнення вигод від створення знань. Крім того, через екстерналію децентралізована рівновага в таких моделях не є Парето-ефективною: приватні стимули до інвестування нижчі за суспільно бажані, тому теоретично виникає підстава для політики, яка наближає обсяг інвестицій до суспільно оптимального рівня (наприклад, через субсидування). У сучасній цифровій економіці справді є багато прикладів знань, здатних породжувати позитивні екстерналії: наукові публікації відкритого доступу, програмне забезпечення з відкритим кодом, поширення практик та інструментів у сфері штучного інтелекту, реверс-інжиніринг, прийняття спільних стандартів тощо.

4. Ранні теорії ендогенного зростання (АК-моделі та моделі з технологічними екстерналіями) не відтворюють канонічного неокласичного механізму автоматичної безумовної конвергенції – тобто ідеї, що бідні країни мають зростати швидше лише тому, що вони стартують з нижчого рівня доходу. За відсутності (або істотного послаблення)

спадної віддачі від нагромадженого фактору темп зростання не знижується автоматично зі зростанням капіталу, тому початкове відставання саме по собі не гарантує «наздоганяння». Натомість ці моделі допускають стійкі розриви: якщо країни різняться параметрами, політикою, доступом до знань і технологій або здатністю їх засвоювати, відмінності в траєкторіях можуть зберігатися або навіть посилюватися. В окремих постановках моделей з переливами знань також виникає ефект масштабу (залежність темпів зростання від розміру економіки), що теоретично підсилює ризик дивергенції, хоча емпірично він підтверджується слабо. Загалом емпірична література не дає однозначного вердикту: результати щодо конвергенції або дивергенції істотно залежать від вибірки, показників і методів оцінювання, і саме ця суперечка стала одним із ключових імпульсів до розвитку ендогенних теорій зростання та триває досі.

5. Важливий прикладний висновок дискусії про (не)конвергенцію полягає в тому, що навіть відносно невеликі відмінності в політиці, якості інституцій і технологічних можливостях можуть закріплювати тривалі відмінності в траєкторіях зростання. У цьому контексті особливо актуальним є питання, як цифровізація та поширення штучного інтелекту вплинуть на майбутню динаміку економічного розвитку. З одного боку, деякі дослідження пов'язують штучний інтелект з ризиком дивергенції через нерівний доступ до даних, обчислювальних ресурсів, інфраструктури й навичок, а також через різну здатність держав і економік адаптуватися до технологічних шоків. З іншого боку, штучний інтелект та цифрові технології потенційно прискорюють дифузії знань, знижують бар'єри доступу до інформації й інструментів та можуть полегшувати засвоєння технологій, тобто працюють у напрямі конвергенції. Який із цих ефектів домінуватиме, залишається відкритим емпіричним питанням і предметом поточної дискусії.

Подяки. Переклад, редагування та покращення читабельності виконано з використанням ліцензованого програмного забезпечення ChatGPT 5.2 (OpenAI). Автор переглянув та схвалив усі правки, внесені із застосуванням штучного інтелекту.

Abstract

The shift from exogenous (neoclassical) growth models to early endogenous frameworks (AK-type models and models with knowledge-spillover externalities) is examined in terms of how it altered the interpretations of the role of technological progress and innovation in economic development and, consequently, affected conclusions regarding convergence versus divergence across countries under different initial conditions and structural parameters.

To this end, the convergence problem is systematized within the neoclassical growth paradigm, the main controversies surrounding (non-)convergence are delineated, and an assessment is provided of the extent to which the assumptions of canonical neoclassical models are consistent with empirical evidence. Using the AK model and P. Romer's knowledge-spillover model as illustrative cases, it is shown why the mechanism of automatic convergence weakens or disappears, and how this is related to the relaxation of the assumption of diminishing marginal returns to accumulable inputs at the aggregate level, as well as to the role of structural parameters and

economic policy. The relevance of early endogenous models for the digital economy is also discussed: the notion of "broad" capital (digital and intangible assets) is clarified, channels of knowledge spillovers and barriers to access are outlined, and reasons are given as to why these features may sustain persistent gaps and increase the risk of divergence.

AK-type models offer only a limited account of the sources of technological progress, while remaining useful as a stylized representation of "capital deepening". In today's digital economy, such deepening can encompass both tangible capital with a substantial digital component and intangible assets (software, artificial intelligence models, cloud infrastructure, and related assets).

Early attempts to endogenize technological change are associated with models in which growth is sustained by knowledge-spillover externalities. However, such models do not account for firms' private incentives to engage in innovative activity, since they lack a mechanism for appropriating returns from knowledge creation. In the contemporary digital economy, examples of knowledge capable of generating positive externalities include open-source software, open-access scientific publications, diffusion of practices and tools in the field of artificial intelligence, reverse engineering, and the adoption of common standards.

The models considered do not guarantee absolute convergence and allow for persistent gaps. When countries differ in structural parameters, policy regimes, access to knowledge and technology, or the capacity to absorb them, differences in development trajectories may persist or even widen. An open question remains as to whether the diffusion of artificial intelligence will, on balance, promote convergence or divergence in future growth dynamics.

References:

1. Gancia, G., & Zilibotti, F. (2005). Horizontal innovation in the theory of growth and development (UPF Economics and Business Working Paper No. 831). Universitat Pompeu Fabra. <https://ssrn.com/abstract=859364>
2. Barro, R. J., & Sala-i-Martin, X. (2004). *Economic growth* (2nd ed.). MIT Press.
3. Kremer, M., Willis, J., & You, Y. (2022). Converging to convergence. *NBER Macroeconomics Annual*, 36(1), 337–412. <https://doi.org/10.1086/718672>
4. Spence, M. (2011). *The next convergence: The future of economic growth in a multispeed world*. Farrar, Straus and Giroux.
5. Johnson, P., & Papageorgiou, C. (2020). What remains of cross-country convergence? *Journal of Economic Literature*, 58(1), 129–175. <https://doi.org/10.1257/jel.20181207>
6. Parthasarathi, P., & Pomeranz, K. (2019). The great divergence debate. In T. Roy & G. Riello (Eds.), *Global economic history* (pp. 19–37). London, England: Bloomsbury Academic. Retrieved from https://warwick.ac.uk/fac/arts/history/students/modules/hi997/2018-week3/chapter_1.pdf
7. Berlingieri, G., Blanchenay, P., & Criscuolo, C. (2017). The great divergence(s) (OECD Science, Technology and Industry Policy Papers No. 39). Paris, France: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/953f3853-en>
8. Acemoglu, D. (2009). *Introduction to modern economic growth*. Princeton University Press.
9. Novales, A., Fernández, E., & Ruíz, J. (2022). *Economic growth: Theory and numerical solution methods* (3rd ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-63982-5>
10. Rebelo, S. (1991). Long-run policy analysis and long-run growth. *Journal of Political Economy*, 99(3), 500–521. <https://doi.org/10.1086/261764>
11. Valentinyi, Á., & Herrendorf, B. (2008). Measuring factor income shares at the sectoral level (IEHAS Discussion Papers No. MT-DP–2008/3). Hungarian Academy of Sciences, Institute of Economics.
12. Takahashi, H., Mashiyama, K., & Sakagami, T. (2012). Does the capital intensity matter? Evidence from the postwar Japanese economy and other OECD countries. *Macroeconomic Dynamics*, 16(Suppl. S1), 103–116. <https://doi.org/10.1017/S1365100511000514>
13. Herrendorf, B., Rogerson, R., & Valentinyi, Á. (2019). Growth and the Kaldor facts. *Federal Reserve Bank of St. Louis Review*, 101(4), 259–276. <https://doi.org/10.20955/r.101.259-76>
14. Piketty, T., & Zucman, G. (2014). Capital is back: Wealth-income ratios in rich countries, 1700–2010. *The Quarterly Journal of Economics*, 129(3), 1255–1310. <https://doi.org/10.1093/qje/qju018>
15. Romer, P. M. (1986). Increasing returns and long-run growth. *Journal of Political Economy*, 94(5), 1002–1037. <https://doi.org/10.1086/261420>
16. Schilirò, D. (2019). The growth conundrum: Paul Romer's endogenous growth. *International Business Research*, 12(10), 75–85. <https://doi.org/10.5539/ibr.v12n10p75>
17. Arrow, K. J. (1962). The economic implications of learning by doing. *The Review of Economic Studies*, 29(3), 155–173. <https://doi.org/10.2307/2295952>
18. Frankel, M. (1962). The Production Function in Allocation and Growth: A Synthesis. *The American Economic Review*, 52, 996–1022. <https://www.jstor.org/stable/1812179>

19. Griliches, Z. (1979). Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth. *The Bell Journal of Economics*, 10(1), 92–116. <https://doi.org/10.2307/3003321>
20. Lucas, R. E., Jr. (1988). On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, 22(1), 3–42. [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(88\)90168-7](https://doi.org/10.1016/0304-3932(88)90168-7)
21. Romer, P. M. (1989). Increasing returns and new developments in the theory of growth (NBER Working Paper No. 3098). National Bureau of Economic Research. <https://doi.org/10.3386/w3098>
22. Easterly, W., & Kraay, A. (2000). Small states, small problems? Income, growth, and volatility in small states. *World Development*, 28(11), 2013–2027. [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(00\)00068-1](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(00)00068-1)
23. Filippucci, F., Gal, P., Jona-Lasinio, C., Leandro, A., & Nicoletti, G. (2024). The impact of artificial intelligence on productivity, distribution and growth: Key mechanisms, initial evidence and policy challenges (OECD Artificial Intelligence Papers No. 15). OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/8d900037-en>
24. Chirwa, T. G., & Odhiambo, N. M. (2018). Exogenous and endogenous growth models: A critical review. *Comparative Economic Research. Central and Eastern Europe*, 21(4), 63–84. <https://doi.org/10.2478/cer-2018-0027>
25. Pasichnyk, T. (2025). Exogenous technological progress in the neoclassical Ramsey–Cass–Koopmans model: Effects on economic growth and welfare. *Galician Economic Journal*, 97(6), 59–73. https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk_tntu2025.06.059
26. Pasichnyk, T. O. (2025). Innovation and technological unemployment in Ricardo’s theory of economic growth. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (5), 199–207. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2025-5/199>
27. Pasichnyk, T. (2025). Technical progress as a factor of economic growth in the classical theory of J. S. Mill. *Herald of Economics*, (4), 20–29. <https://doi.org/10.35774/visnyk2025.04.020>
28. Romer, P. M. (1994). The origins of endogenous growth. *Journal of Economic Perspectives*, 8(1), 3–22. <https://doi.org/10.1257/jep.8.1.3>
29. Barro, R. J., & Sala-i-Martin, X. (1992). Convergence. *Journal of Political Economy*, 100(2), 223–251. <https://doi.org/10.1086/261816>
30. United Nations Development Programme, Regional Bureau for Asia and the Pacific. (2025, December). The next great divergence: Why AI may widen inequality between countries [Report]. <https://www.undp.org/asia-pacific/publications/next-great-divergence>

Посилання на статтю:

Пасічник Т.О. Ендогенне зростання, технічний прогрес і проблема конвергенції в цифровій економіці / Т.О. Пасічник // *Економіка: реалії часу. Науковий журнал*. – 2026. – № 2 (84). – С. 99-112. – Режим доступу: <https://etr.economics.net.ua/files/archive/2026/No2/99.pdf>.
DOI: 10.15276/ETR.02.2026.10. DOI: 10.5281/zenodo.20358388.

Reference a Journal Article:

Pasichnyk T.O. *Endogenous Growth, Technological Progress, and the Convergence Problem in the Digital Economy* / T.O. Pasichnyk // *Economics: time realities. Scientific journal*. – 2026. – № 2 (84). – P. 99-112. – Retrieved from: <https://etr.economics.net.ua/files/archive/2026/No2/99.pdf>.
DOI: 10.15276/ETR.02.2026.10. DOI: 10.5281/zenodo.20358388.



This is an open access journal and all published articles are licensed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0)