

Barbara Z. Liberda i Ewa Maj

Uniwersytet Warszawski, Wydział Nauk Ekonomicznych

IDEE I NOWOCZESNY WZROST

Streszczenie

Ponad 50 lat po sformułowaniu modelu wzrostu Solowa dyskusja o tym, co powoduje wzrost jest nadal żywa i dotyczy pytań podstawowych. Od 20 lat rozwija się tzw. nowa teoria wzrostu, lub inaczej teoria wzrostu endogenicznego. Badane są nowe czynniki wzrostu, takie jak: kapitał ludzki, postęp technologiczny, nowe idee. Stosowanie nowych idei rodzi poważne implikacje dla agregatowej funkcji produkcji w postaci dodatnich efektów skali i rosnących przychodów z inwestowania kapitału. Nowe idee powodują powstawanie korzyści zewnętrznych i prowadzą do wzrostu endogenicznego, czyli wzrostu tworzonego wewnątrz systemu gospodarczego. Celem artykułu jest analiza modeli wzrostu z punktu widzenia uwzględnienia nowych czynników wzrostu, w tym nowych idei.

Słowa kluczowe

idea, wzrost, endogeniczność, kapitał ludzki, postęp technologiczny, korzyści skali, korzyści zewnętrzne

Barbara Z. Liberda and Ewa Maj

Warsaw University, Faculty of Economics

IDEAS AND MODERN GROWTH

Abstract

Fifty years after the Solow growth model was formulated, the discussion on what is the engine of growth is thriving and concerns the fundamental issues. For the last two decades the new growth theory, called also endogenous growth theory, is being developed. New factors of growth like human capital, technological progress and new ideas are being examined. Implementing new ideas causes important implications for the aggregate production function in the form of scale effects and increasing returns to capital. New ideas impact the arising of positive externalities and lead to endogenous growth, which is growth created inside the economic system. The aim of the article is to analyze the models of growth from the perspective of new factors of growth, among them new ideas.

Key words

idea, growth, endogenous, human capital, technological progress, scale effects, externalities

IDEE I NOWOCZESNY WZROST

Wprowadzenie

Wzrost gospodarczy następuje dzięki tworzeniu i wykorzystywaniu nowych idei. Idee to instrukcje, które umożliwiają łączenie ograniczonych zasobów fizycznych w nowe kombinacje o większej wartości niż istniejące dotychczas (Romer 1993, 64). Ograniczoność zasobów oraz niekorzystne efekty zewnętrzne produkcji stanowiłyby barierę wzrostu, gdyby nowe idee nie były wytwarzane i stosowane.

Idee różnią się od innych dóbr tym, że są niekonkurencyjne. Raz wymyślone, mogą być używane jednocześnie przez wiele osób. Idee nie są jednak dobrami publicznymi, gdyż są częściowo wyłączalne. Dobre konkurencyjne muszą być wytworzone za każdym razem, gdy mają być sprzedane. Idee tworzone są tylko raz przy relatywnie wysokich kosztach stałych. Ich stosowanie odbywa się przy prawie zerowych kosztach krańcowych (np. koszty kopiowania programu komputerowego). Niekonkurencyjność idei implikuje zatem występowanie dodatnich korzyści skali w procesie stosowania idei. Korzyści skali powodują, że czynniki produkcji nie mogą być opłacane według produktu krańcowego, czyli optymalna alokacja czynników nie może być uzyskana dzięki konkurencji doskonałej.

Model oparty o stosowanie nowych idei zakłada konkurencję niedoskonałą. Tworzenie idei jest motywowane chęcią uzyskania prywatnych zysków z ich wynaleźnienia. Firma ponosząca wysokie koszty stałe tworzenia nowej idei znajdzie się na rynku tylko wówczas, gdy będzie mogła ustalić cenę swojego produktu powyżej kosztu krańcowego wytworzenia dodatkowej jednostki tego produktu. Wynalazca nie poniósłby wysokich kosztów tworzenia nowych idei, gdyby nie mógł liczyć na część społecznych korzyści, które jego wynalazek przyniesie społeczeństwu. Patenty i prawa autorskie stanowią prawne instrumenty gwarantujące wynalazcom przez określony czas monopol, aby mogli uzyskiwać korzyści ze swojego wynalazku. Patenty i prawa własności intelektualnej są próbą prawnego określenia stopnia wyłączalności idei.

Jeśli prywatne i społeczne korzyści z wynalazku zbytnio od siebie odbiegają, pewne społecznie pożądane idee nie powstaną lub nie będą rozwijane. To samo dotyczy sytuacji, gdy państwo przejmuje w całości lub wysoko opodatkowuje zyski wynalazców. Nowe idee najczęściej tworzą dużo wyższe korzyści społeczne niż te, z których może skorzystać wynalazca. Dlatego też idee są tylko częściowo wyłączalne.

Idee są trudne do mierzenia. Często trudno jest odróżnić nakład do produkcji idei i produkt, czyli samą ideę. Dane odnośnie nakładów na badania i rozwój oraz patentów mogą dostarczyć pewnych informacji dla mierzenia, ale wiele wynalazków nie jest opatentowanych, a ich koszty nie mieszczą się w granicach określanych jako badania i rozwój (np. kina multipleks, projektowanie systemów).

Nowa teoria wzrostu traktuje o ideach, w tym o meta-ideach, czyli o ideach, które służą produkcji i wykorzystaniu innych idei. Przykłady meta-idei to: patenty i licencje, prawa autorskie, system grantów badawczych, etc. Nowa teoria wzrostu formalizuje endogeniczny postęp technologiczny w warunkach niedoskonałej konkurencji (Lucas 1988; Romer 1986, 1990; Aghion, Howitt 1998; Grossman, Helpman 1991). Endogeniczność oznacza, że wzrost jest endogenicznym wynikiem całego systemu gospodarczego, a nie sił działających na zewnątrz systemu.

Innowacje, będące odzwierciedleniem postępu technologicznego, można podzielić na fundamentalne, czyli te, które wymagają wysiłku i świadomej pracy badawczo-rozwojowej oraz pochodne, które są wynikiem nabywania wiedzy przez praktykę (learning-by-doing), a zatem wynikają ze stażu pracy i doświadczenia w sektorze produkcyjnym. Idee nie są tożsame z pojęciem kapitału ludzkiego. Kapitał ludzki jest dobrem konkurencyjnym, natomiast idee charakteryzuje brak konkurencyjności.

Przy modelowaniu wzrostu podstawowym problemem dla badacza będzie określenie sposobu i wielkości wpływu nowych idei na wzrost w skali makroekonomicznej. „Fakt, że ludzie dokonują odkryć nie pojawia się wraz z przypisanym mu współczynnikiem istotności statystycznej” (Romer, 1994, 19). Zarówno badacz jak i społeczeństwo dopiero po pewnym czasie będą mogli zaobserwować i odczuć efekty stworzenia nowych produktów, procedur, technik, sposobów organizacji, sieci powiązań, modeli biznesowych.

W teorii wzrostu endogenicznego traktuje się wzrost i jego czynniki w nowy sposób. Rozszerza się pojęcie kapitału o kapitał ludzki, analizuje współczesny wymiar czynnika praca, bada charakter postępu informacyjnego i rozwoju technologii. Podobne zagadnienia były rozpatrywane w teorii rozwoju, ale nie były tak ściśle formalizowane. Dotyczy to roli historii i oczekiwań w rozwoju, błędu koordynacji, komplementarności popytu, równowagi na niskim poziomie (Rosenstein-Rodan 1943; Hirschman 1958, Azariadis, Drazen 1990; Krugman 1991, 1992).

Teoria rozwoju na wysokim teoretycznym poziomie stawiała pytania o to jak rozpocząć wzrost, podczas gdy nowa teoria wzrostu próbuje wyjaśnić mechanizm podtrzymujący wzrost. W nowej teorii wzrostu zakłada się, że gospodarka stanowi jeden sektor lub sektory są symetryczne. W teorii rozwoju bada się gospodarke, w której występują co najmniej dwa sektory: nowoczesny, charakteryzujący się korzyściami skali i tradycyjny, w którym efekty skali nie występują. Podstawowym tematem badawczym teorii rozwoju było pytanie o różnice między społecznymi i prywatnymi korzyściami z inwestycji na skutek występowania korzyści zewnętrznych, chociaż początkowo korzyści zewnętrzne widziano głównie w formie pieniężnej (Krugman 1992). Korzyści zewnętrzne, a w dalszej kolejności korzyści skali stanowią przedmiot badań nowej teorii wzrostu. Inaczej niż w klasycznym modelu Solowa, kapitał ludzki uznaje się w nowej teorii wzrostu za ważny i samodzielny czynnik produkcji.

Nowe teorie wzrostu

W neoklasycznym modelu Solowa (1956) wzrost jest determinowany przez egzogenicznie określony postęp technologiczny, a podstawowymi czynnikami produkcji są praca oraz kapitał fizyczny. Formułowanie teorii wzrostu gospodarczego po modelu Solowa wynika z potrzeby odnalezienia źródeł wzrostu produktywności czynników pozwalających na rozwój gospodarczy. Badacze próbują odpowiedzieć na pytania, co wypełnia resztę Solowa, jaka jest rola technologii i jak w formalny sposób ująć niewyjaśnione przez model Solowa zjawisko postępu technologicznego. W związku z tym rozpatrywane są takie przejawy zmiany technologicznej jak: wynalazki, innowacje, działalność badawczo-rozwojowa, wyposażenie i wykorzystanie infrastruktury informatycznej i zaawansowanych technologii (ICT), imitacja i dyfuzja technologii. Ekonomiści próbują także wyznaczyć miejsce kapitału ludzkiego w kreowaniu wzrostu gospodarczego i postępu technologicznego. Czy jest on takim samym czynnikiem produkcji jak kapitał fizyczny zwiększając bezpośrednio dochód, czy jego rola polega na zwiększaniu zdolności innowacyjnej i adaptacyjnej gospodarki, czy też jego wpływ uwidacznia się w efektach zewnętrznych i rozprzestrzenianiu nowoczesnych technologii?

Z drugiej strony można sobie zadać pytanie, czy tzw. nowym czynnikiem wzrostu nie jest przypisywane zbyt duże znaczenie? Kapitał ludzki, dyfuzja technologii, innowacje, ICT nie oddziaływałyby na wzrost produktywności gospodarki, gdyby nie praca i kapitał fizyczny, czyli podstawowe elementy funkcji produkcji. W istocie, dla analizy wzrostu ważna jest nie tylko zależność dochodu od nowego czynnika wzrostu, ale także proporcje zachodzące między wszystkimi czynnikami.

W literaturze przedmiotu można znaleźć odpowiedzi na postawione pytania, jednak trudno mówić o jednej spójnej teorii obejmującej wszystkie te zagadnienia i znajdującej potwierdzenie w danych empirycznych. Podstawowe koncepcje wzrostu gospodarczego stworzone przez Solowa, Nelsona i Phelps, Lucasa, Romera, Mankiwa, Romera i Weila, różnią się zarówno założeniami, jak i przesłankami. Jeszcze bardziej różnorodne są wyniki osiągnięte przez badaczy, którzy przeprowadzają weryfikację empiryczną podstawowych teorii, czy też własnych zmodyfikowanych i rozszerzonych koncepcji. W Tabeli 1. przedstawiono najczęściej cytowaną literaturę dotyczącą głównych modeli wzrostu.

Tabela 1. Modele wzrostu gospodarczego

Rok	Autor	Tytuł	Zawartość
1956	Solow	<i>A Contribution to the Theory of Economic Growth</i>	Występują malejące krańcowe przychody z kapitału. Długookresowy wzrost określony jest przez egzogeniczny postęp techniczny.
1966	Nelson, Phelps	<i>Investments in Humans, Technological Diffusion and Economic Growth</i>	Wzrost gospodarczy opiera się na kapitale ludzkim, który umożliwia tworzenie i przyswajanie innowacji.
1986	Romer P.	<i>Increasing Returns and Long-Run Growth</i>	Krańcowa produktywność kapitału nie zmniejsza się, gdy rośnie jego zasób dzięki zastosowaniu wiedzy.
1988	Lucas	<i>On the Mechanics of Economic Development</i>	Bezpośrednim argumentem funkcji produkcji jest kapitał ludzki, który wytwarza efekty wewnętrzne i zewnętrzne.
1990	Lucas	<i>Why Doesn't Capital Flow from Rich to Poor Countries?</i>	Kwantyfikacja korzyści zewnętrznych dzięki przebywaniu w otoczeniu, w którym kapitał ludzki rośnie.
1990	Romer P.	<i>Endogenous Technological Change</i>	Postęp technologiczny dokonuje się dzięki inwestycjom podmiotów dążących do zysku. Zasób kapitału ludzkiego wpływa dodatnio na stopę wzrostu.
1992	Romer P.	<i>Two Strategies for Economic Development: Using and Producing Ideas</i>	Rozwój gospodarczy może wynikać z wprowadzenia istniejących idei lub z wynalezienia nowych. Idee mają charakter niekonkurencyjny, ale częściowo wyłączalny.
1992	Mankiw, Romer D., Weil	<i>A Contribution to the Empirics of Economic Growth</i>	Dodanie do modelu Solowa kapitału ludzkiego jako czynnika produkcji pozwala na empiryczne potwierdzenie jego znaczenia dla wzrostu dochodu.
1994	Benhabib, Spiegel	<i>The Role of Human Capital In Economic Development: Evidence from Aggregate Cross Country Data</i>	Poziom kapitału ludzkiego pozytywnie wpływa na produktywność czynników, akumulację kapitału oraz wzrost dochodu; akumulacja kapitału ludzkiego nie wpływa na wzrost.
1996	Nonneman, Vanhoudt	<i>A Further Augmentation of the Solow Model and the Empirics of Economic Growth for OECD Countries</i>	Rozszerzenie modelu MRW o nowy czynnik produkcji określający technologię i wykazanie jego wpływu na wzrost gospodarczy.
2003	Engelbrecht	<i>Human Capital and Economic Growth: Cross-Section Evidence for OECD Countries</i>	Poziom kapitału ludzkiego stymuluje przyswajanie zagranicznej technologii. Na wzrost dochodu ma także wpływ akumulacja kapitału ludzkiego.
2005	Tokarski	<i>Wybrane modele podaży czynników wzrostu gospodarczego</i>	W modelach o rosnących efektach skali długookresowy wzrost gospodarczy zależy nie tylko od stopy egzogenicznego postępu technicznego, lecz również od siły efektów skali oraz stopy wzrostu liczby pracujących.

Źródło: Opracowanie własne.

Rozszerzenie modelu neoklasycznego o kapitał ludzki (Mankiw, Romer, Weil)

Model Mankiwa, Romera, Weila (1992) należy do rodziny neoklasycznych modeli wzrostu gospodarczego. W modelu Mankiwa, Romera, Weila podobnie jak w modelu Solowa, zostało poczynione założenie o stałości przychodów skali i egzogeniczności postępu technicznego, w związku, z czym nie może on uzasadniać ogólnosiwiatowego wzrostu gospodarczego. Różnica między modelami Solowa i Mankiwa, Romera, Weila polega na wprowadzeniu do funkcji produkcji kapitału ludzkiego, jako dodatkowego czynnika. Z modelu wynika implikacja, że umiarkowany wzrost środków poświęconych akumulacji kapitału rzeczowego i ludzkiego może wywołać duży wzrost dochodu przypadającego na pracownika, co pozwala na dostarczenie wytłumaczenia tak dużego zróżnicowania dochodu pomiędzy krajami.

Dodatkowe założenia związane z kapitałem ludzkim są następujące: inwestycje w kapitał ludzki mają taki sam charakter jak inwestycje w kapitał rzeczowy, ludzie przeznaczają część swoich dochodów na jego akumulację; występuje deprecjacja kapitału ludzkiego według stałej stopy; dochód dzieli się na konsumpcję i inwestycje pomiędzy kapitał ludzki i fizyczny.

Mankiw, Romer, Weil przyjęli, że produkcja (Y) jest funkcją kapitału fizycznego (K), kapitału ludzkiego (H) oraz efektywnej siły roboczej (AL), która jest dana w postaci Cobba-Douglasa:

$$Y = K^\alpha H^\beta (AL)^{1-\alpha-\beta}$$

$$\alpha + \beta < 1,$$

gdzie α oznacza elastyczność produktu względem kapitału fizycznego, a β elastyczność produktu względem kapitału ludzkiego.

Dynamika wzrostu kapitału fizycznego jest dana wzorem:

$$\dot{K} = s_K Y - \delta_K K,$$

gdzie s_K oznacza stopę inwestycji w kapitał fizyczny, a δ_K to jego wskaźnik deprecjacji. Analogiczne równanie różniczkowe opisuje przyrost zasobu kapitału ludzkiego:

$$\dot{H} = s_H Y - \delta_H H.$$

Podobnie jak w przypadku kapitału fizycznego, zmiana zasobu kapitału ludzkiego jest różnicą między wielkością inwestycji w kapitał ludzki a zużyciem tego kapitału.

Podobnie jak w modelu Solowa tempo przyrostu siły roboczej wyraża stopa n , zaś tempo przyrostu technicznego stopa g . Przyjęcie intensywnej postaci funkcji produkcji, w której wszystkie wielkości dane są na jednostkę pracy efektywnej, a nowa w stosunku do modelu Solowa zmienna h jest zasobem kapitału ludzkiego na jednostkę efektywnej siły roboczej, prowadzi do równania:

$$y = k^\alpha h^\beta,$$

zaś przyrosty kapitału fizycznego i ludzkiego opisane są następującymi wzorami:

$$\dot{k} = s_K y - (n + g + \delta_K)k$$

$$\dot{h} = s_H y - (n + g + \delta_H)h.$$

Z modelu wynika, że gdy gospodarka znajduje się w długookresowej równowadze, wielkość strumienia dochodu przypadającego na jednostkę pracy efektywnej jest zdeterminowana zarówno przez zasób kapitału fizycznego, jak również ludzkiego.

Rozwiązanie modelu Mankiwa, Romera, Weila wykorzystując przekształcenie powyższych równań prowadzi do następującego wzoru na produkcję w punkcie równowagi długookresowej:

$$y^* = \left(\frac{s_K}{n + g + \delta_K} \right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha-\beta}} + \left(\frac{s_H}{n + g + \delta_H} \right)^{\frac{\beta}{1-\alpha-\beta}}$$

Gospodarka znajdująca się w równowadze wchodzi na ścieżkę zrównoważonego wzrostu, na której y , k i h są stałe, zasób kapitału fizycznego (K), ludzkiego (H) i całkowita produkcja (Y) odnotowują wzrost zgodny ze stopą $(n+g)$, zaś wzrost kapitału fizycznego na pracownika, kapitału ludzkiego na pracownika i produkcji na pracownika określa stopa g . A zatem, podobnie jak w modelu Solowa, stopa wzrostu produkcji na pracownika w długim okresie jest zdeterminowana przez stopę postępu technicznego. Dodatkowo model przewiduje, że dochód na osobę w krajach o podobnych stopach akumulacji, wroście populacji oraz technologii będzie zmierzał do podobnego poziomu.

Równanie wzrostu w postaci gotowej do estymacji przyjmuje następującą postać:

$$\ln \frac{Y(t)}{L(t)} - \ln \frac{Y(0)}{L(0)} = \theta \ln A(0) + gt + \theta \frac{\alpha}{1-\alpha-\beta} \ln s_K + \frac{\beta}{1-\alpha-\beta} \ln s_H +$$

$$- \theta \frac{\alpha + \beta}{1-\alpha-\beta} \ln(n + g + \delta) - \theta \ln \frac{Y(0)}{L(0)} + \varepsilon,$$

gdzie $\theta = 1 - e^{-\lambda t}$, a λ oznacza stopę konwergencji kraju do jego stanu ustalonego, co mierzy, jak szybko kraje osiągają swoją ścieżkę równowagi długookresowej. Miare tę opisuje równanie:

$$\frac{d \ln y(t)}{dt} = \lambda [\ln y^* - \ln y(t)]$$

a zależność stopy konwergencji od innych zmiennych w modelu można wyrazić równaniem:

$$\lambda = (n + g + \delta)(1 - \alpha - \beta).$$

Specyfikacja wzrostu stworzona przez Mankiwa, Romera i Weila dostarcza dosyć prostych teoretycznych ram dla regresji wzrostu. Mankiw, Romer i Weil użyli tego modelu do badania empirycznego, które potwierdziło ich

przypuszczenia. Kapitał ludzki potraktowali jako edukację mierzoną współczynnikiem skolaryzacji dla szkół średnich. Z ich oszacowania wynika, że elastyczności dochodu względem kapitału fizycznego i ludzkiego, α i β , wynoszą około 1/3, więc funkcja produkcji przyjmuje następującą postać:

$$Y = K^{1/3} H^{1/3} L^{1/3}.$$

Neoklasyczną teorię wzrostu gospodarki charakteryzuje dążenie do długookresowej ścieżki zrównoważonego wzrostu, którego tempo wyznacza egzogeniczna stopa postępu technicznego. Polityka gospodarcza poprzez oddziaływanie na stopę oszczędności może wprowadzić gospodarkę na inną ścieżkę zrównoważonego wzrostu, lecz nie jest w stanie zmienić jej stopy wzrostu dochodu w długim okresie.

Dodatkowy czynnik neoklasycznej funkcji produkcji w modelu Nonnemana, Vanhoudta - technologiczne know-how

Artykuł Nonnemana i Vanhoudta (1996) prezentuje rozwinięcie neoklasycznego modelu Solowa przy zachowaniu jego podstawowych założeń. Oznacza to, że w odróżnieniu od endogenicznych modeli wzrostu nie występują tu efekty zewnętrzne, rosnąca stopa zwrotu z technologii oraz niedoskonała konkurencja. Wynagrodzenie czynników produkcji równe jest krańcowemu produktowi, jaki wytwarzają. Przyjmuje się także założenie o wzroście siły roboczej według stopy n wynikającej ze wzrostu populacji oraz z egzogenicznego wzrostu jej produktywności oraz występuje deprecjacja kapitału według współczynnika δ . Autorzy uogólniają równanie produkcji wyprowadzone przez Solowa w ten sposób, że ujmuje ono różne formy kapitału. Pokazują, że model Mankiwa, Romera, Weila (1992) mieści się w tej specyfikacji, gdyż obok tradycyjnych czynników produkcji, jakimi są praca i kapitał fizyczny, dodaje kolejną formę kapitału: kapitał ludzki. Nonneman i Vanhoudt dołączają w swoim modelu nowy czynnik: technologiczne know-how, które również traktują jako formę kapitału. Technologiczne know-how rozumiane jest tutaj jako wzory procesów produkcyjnych oraz nowe produkty przy założeniu, że know-how jest obecne na dobrze działającym rynku oraz prawa własności intelektualnej są kompletne.

W modelu uwzględnione zostają zatem trzy formy kapitału: fizyczny (k), ludzki (h) oraz technologiczny (τ). Postać równania dochodu w stanie ustalonym (y_{j^*}) po poddaniu zmiennych logarytmowaniu i przeliczeniu na jednostkę pracy efektywnej jest następująca:

$$\begin{aligned} \ln(y_{j^*}) = & \alpha_0 + \frac{\alpha_k}{1 - (\alpha_k + \alpha_h + \alpha_\tau)} \ln(s_{k_j}) + \frac{\alpha_h}{1 - (\alpha_k + \alpha_h + \alpha_\tau)} \ln(s_{h_j}) \\ & + \frac{\alpha_\tau}{1 - (\alpha_k + \alpha_h + \alpha_\tau)} \ln(s_{\tau_j}) - \frac{\alpha_k + \alpha_h + \alpha_\tau}{1 - (\alpha_k + \alpha_h + \alpha_\tau)} \ln(n_j + \delta) + \varepsilon_j, \end{aligned}$$

gdzie α_k , α_h , α_τ są odpowiednio udziałami kapitału fizycznego, ludzkiego i technologicznego w całym dochodzie, a s_k , s_h , s_τ to stopy inwestycji w te formy kapitału. Szoki specyficzne dla każdego kraju są ujęte w błędzie losowym ε . Za miarę inwestycji w technologiczne know-how przyjęto średnią roczną relację krajowych wydatków na badania i rozwój do nominalnego PKB.

W części będącej empiryczną weryfikacją teorii autorzy wykazują, że ich rozszerzony model wyjaśnia zróżnicowanie wzrostu dochodu w krajach OECD w 80%, co stanowi lepszy wynik niż osiągnięty przez Mankiwa, Romera, Weila (65%). Poza tym, wnioskują, że udział inwestycji w badania i rozwój jest w modelu MRW zmienną pominiętą.

Z oszacowań parametrów wynika, że udział pracy w kreowaniu dochodu wynosi 42%, kapitału fizycznego 35%, kapitału ludzkiego 15%, a technologii 8% (wielkości podane są w zaokrągleniu). Jak widać, najistotniejszą rolę wciąż odgrywa siła robocza, drugie miejsce w hierarchii siły wpływu zajmuje kapitał fizyczny, a dopiero potem występują nowe czynniki wzrostu, czyli kapitał ludzki i technologia.

Rozszerzenie modelu neoklasycznego o rosnące efekty skali przez Tokarskiego

Tokarski (2005) analizuje wpływ uchylenia założenia o rosnących efektach skali na równowagę długookresową w modelach Solowa, Mankiwa-Romera-Weila oraz modelu z endogeniczną akumulacją wiedzy naukowo-technicznej.

Poddając przekształceniu wzory wyprowadzone z modelu Solowa i uwzględniając możliwość występowania rosnących przychodów skali dochodzi do formuły długookresowej stopy wzrostu technicznego uzbrojenia pracy danej wzorem:

$$g_k^* = \lim_{t \rightarrow +\infty} g_k(t) = \frac{g + (\Theta - 1)n}{1 - \alpha}.$$

Autor dochodzi do wniosku, że gdy w modelu Solowa występują stałe efekty skali ($\Theta=1$), wówczas stopa wzrostu technicznego uzbrojenia pracy w długim okresie dąży do stopy wzrostu wyznaczonej przez iloraz stopy postępu technicznego w sensie Hicksa (g) i elastyczności produkcji względem nakładów pracy ($1-\alpha$). Oznacza to, że stopa wzrostu jest tym wyższa, im wyższa jest stopa postępu technicznego w ww. sensie i im wyższa jest elastyczność produkcji względem nakładów kapitału. Jeśli zaś w agregatowej funkcji produkcji występują rosnące efekty skali ($\Theta>1$), to długookresowa stopa wzrostu technicznego uzbrojenia pracy zależna jest nie tylko od stopy postępu technicznego w sensie Hicksa i elastyczności produkcji względem nakładów kapitału, lecz również jest tym wyższa, im wyższy jest stopień jednorodności agregatowej funkcji produkcji (Θ) oraz stopa wzrostu liczby pracujących (n).

„Gospodarka Mankiwa-Romera-Weila z rosnącymi efektami skali, podobnie jak analogiczna gospodarka typu Solowa, ma naturalne tendencję do dążenia do wzrostu równomiernego. Również w tej wersji modelu Mankiwa-Romera-Weila rosnące efekty skali implikują, że stopy wzrostu kapitału rzeczowego, ludzkiego i produktu na pracującego są nie tylko tym wyższe, im wyższa jest stopa postępu technicznego w sensie Harroda, ale również tym wyższe, im wyższa jest stopa wzrostu liczby pracujących i stopień jednorodności agregatowej funkcji produkcji.

Wynika stąd, iż jeśli w gospodarce występują rosnące efekty skali procesu produkcyjnego, to mogą one być czynnikiem utrwalającym (potęgującym) długookresową stopę wzrostu gospodarczego wtedy i tylko wtedy, gdy w gospodarce występuje wzrost liczby pracujących. Co więcej, w warunkach rosnących efektów skali dodatnia stopa egzogenicznego postępu technicznego nie jest już czynnikiem niezbędnym do wzrostu gospodarczego podstawowych zmiennych

makroekonomicznych na pracującego, gdyż wzrost owych zmiennych w długim okresie może wynikać z rosnących efektów skali i wzrostu liczby pracujących.”

Idea wzrostu endogenicznego w modelu Paula Romera

Endogeniczne podejście do wzrostu gospodarczego prezentuje Romer. Nowatorstwo koncepcji Romera (1986) w stosunku do modelu neoklasycznego polegało głównie na odejściu od założenia malejących przychodów z kapitału. Postęp technologiczny staje się zmienną endogeniczną modelu, gdyż długookresowy wzrost jest determinowany przez akumulację wiedzy przez podmioty gospodarcze. Produkcja dóbr konsumpcyjnych jako funkcja zakumulowanej wiedzy (gdy inne czynniki produkcji przyjmiemy za stałe) charakteryzuje się rosnącymi przychodami. Czyli inaczej, produkt krańcowy z zastosowania wiedzy jako kapitału jest rosnący. Funkcja produkcji dóbr konsumpcyjnych staje się więc wypukła a nie wklęsła. W odniesieniu do kapitału Romer twierdził, że im dłużej się go używa tym jest on bardziej produktywny, a gdy wzrasta, pracownicy uczą się go coraz lepiej wykorzystywać. Dzięki uwzględnieniu wiedzy jako dodatkowego czynnika w funkcji produkcji, podwojenie nakładów kapitału i pracy spowoduje większy niż dwukrotny przyrost produkcji. Całą gospodarkę charakteryzują rosnące przychody względem skali, zaś wiedza jest odbiciem rosnącej produktywności krańcowej.

Romer (1990) modeluje bezpośrednio postęp technologiczny. Za jego źródło uznaje szukanie przez jednostki nowych idei w dążeniu do osiągnięcia prywatnych przychodów. Wiedza jest czynnikiem produkcji o rosnącej krańcowej produktywności, zaś osią modelu jest kapitał ludzki, który może przynieść rosnące przychody z kapitału fizycznego, a także przyczynia się do długookresowego wzrostu dochodu.

Romer zakłada, że zasób kapitału ludzkiego może być podzielony między dwie działalności: produkcyjną (Y) oraz badawczo-rozwojową, czyli tą, która odpowiada za wytwarzanie idei (A). Stąd wynika równanie:

$$H = H_Y + H_A.$$

W modelu Romera $A(t)$ to zasób wiedzy albo liczba wynalezionych idei do czasu t . Zatem przyrost technologii A jest liczbą nowych idei wytworzonych w danym momencie czasu i zależy od ilości kapitału ludzkiego zaangażowanego w wynajdywanie nowych idei (H_A) pomnożonego przez współczynnik określający tempo, z jakim odkrycia te są dokonywane, $\bar{\delta}$:

$$\dot{A} = \bar{\delta} H_A^\lambda.$$

λ jest tutaj parametrem, którego wartość określa, czy korzyść ze zwiększenia liczby pracowników sektora badawczo-rozwojowego jest większa (gdy $\lambda > 1$), czy mniejsza (gdy $\lambda < 1$) niż proporcjonalna.

Tempo dokonywania odkryć, czyli współczynnik efektywności nakładów kapitału ludzkiego w sektorze wiedzy, może być modelowany w następujący sposób:

$$\bar{\delta} = \delta A^\gamma,$$

gdzie δ i γ są pewnymi stałymi. Przedział wartości przyjmowanych przez stałą γ determinuje, czy zasób początkowej technologii będzie przyspieszał (gdy $\gamma > 0$), czy spowalniał (gdy $\gamma < 0$) dalszy jej przyrost.

Stąd można już przejść do ogólnego wzoru opisującego wzrost technologii:

$$\dot{A} = \delta H_A^\lambda A^\gamma.$$

Przy założeniu, że parametry λ i γ są równe 1 i dzięki podzieleniu obu stron równania przez A można otrzymać wzór opisujący postęp technologiczny g , a więc tę zmienną, której pochodzenia nie wyjaśnia model Solowa:

$$\frac{\dot{A}}{A} = \delta H_A = g.$$

Zdaniem Romera, innowacje fundamentalne, czyli wynalazki, są podyktowane głównie chęcią zysku. Podkreśla on kosztowność wymyślenia danej formuły, głównie ze względu na ogromne koszty stałe. Średni koszt wytwarzania zupełnie nowej technologii zawsze będzie przewyższał jej koszt krańcowy. Zgodnie z tą teorią, żeby powstały wynalazki musi istnieć dobre prawo własności intelektualnej i prawo patentowe, aby wynalazca miał możliwość uzyskania ceny powyżej kosztów krańcowych, co umożliwi mu odzyskanie nakładów poniesionych na opracowanie formuły. Implikuje to występowanie niedoskonałej konkurencji na rynku idei, czy wynalazków.

Idee, według Romera (1992), ze względu na charakterystyczną kombinację pewnego stopnia prywatnej kontroli oraz braku kosztu alternatywnego, nie są ani dobrami publicznymi, ani prywatnymi, ani nawet mieszanką obu tych rodzajów. Traktowanie idei jako dóbr publicznych nie jest prawidłowe, bowiem podejście to nie bierze pod uwagę faktu, że idee mogą być kontrolowane przez jednostki, które reagują na sygnały z rynku. Idee są, przynajmniej częściowo, wyłączalne. Utożsamianie idei z kapitałem ludzkim także jest podejściem błędnym, gdyż pomija fakt możliwości wykorzystania idei przez wielu ludzi w tym samym czasie. Idee charakteryzuje bowiem brak konkurencyjności.

Jak można zmierzyć idee? Nakłady na badania i rozwój są z pewnością istotnym czynnikiem funkcji produkcji idei. Przy założeniu, że najbardziej wartościowe idee są opatentowane dobrą miarę może stanowić również liczba patentów. Jednak dobre idee mogą także stanowić odkrycia nie klasyfikowane jako działalność badawczo-rozwojowa albo nie opatentowane.

Endogeniczna teoria wzrostu Lucasa

Teoria stworzona przez Lucasa (1988) mieści się w nurcie nowej, czy też endogenicznej teorii wzrostu. Osią koncepcji Lucasa jest stwierdzenie, że transformacja tradycyjnej gospodarki rolniczej w nowoczesną rozwijającą się gospodarkę nastąpiła głównie dzięki wzrastającemu tempu akumulacji kapitału ludzkiego. Z rozważań teoretycznych Lucasa wynika, że kapitał ludzki jest ważnym czynnikiem, ponieważ wpływa na wzrost produktywności siły roboczej, a także umożliwia bardziej efektywne i pełniejsze wykorzystanie innych czynników produkcji. W jego modelu kapitał ludzki jest takim

samym czynnikiem produkcji jak kapitał fizyczny i praca. Jednak Lucas uważa, że nie można kapitału ludzkiego traktować jako alternatywy dla motoru wzrostu gospodarczego, jakim jest technologia.

Podstawowe równanie modelu Lucasa pokazuje, że dochód jest generowany według funkcji produkcji o postaci:

$$Y = AK^\alpha (uhL)^{1-\alpha},$$

gdzie Y , A , K , L to odpowiednio dochód, technologia, kapitał fizyczny i siła robocza, a $0 < \alpha < 1$. Zmienna u jest zdefiniowana jako odsetek siły roboczej zaangażowanej w produkcję, a h to zasób kapitału ludzkiego. W ujęciu *per capita* postać funkcji produkcji jest następująca:

$$y = Ak^\alpha (uh)^{1-\alpha}.$$

Występują tu stałe przychody skali względem zmiennych u i h .

Przyrost kapitału fizycznego jest dany równaniem różniczkowym:

$$\dot{k} = y - c - (n + \delta)k,$$

w którym c oznacza konsumpcję, n stopę wzrostu populacji, a δ stopę deprecjacji kapitału.

Akumulacja kapitału ludzkiego następuje w tym modelu według wzoru:

$$\dot{h} = \gamma h(1-u)$$

$$\frac{\dot{h}}{h} = \gamma(1-u),$$

gdzie γ jest pewnym współczynnikiem.

Interpretacja na poziomie zagregowanym określa u jako część populacji zaangażowaną w pracę, której produktem są dobra lub usługi, a $1-u$ to odsetek populacji poświęcający się produkcji wiedzy, czyli przeprowadzający badania naukowe i technologiczne. Z punktu widzenia jednostki wielkość u jest czasem poświęconym pracy, zaś $1-u$ czasem poświęconym akumulacji kapitału ludzkiego. Jediną zmienną egzogeniczną w tym modelu jest tempo przyrostu populacji n .

W teorii Lucasa akumulacja kapitału ludzkiego przez jednostkę przynosi korzyści zarówno w postaci efektów wewnętrznych, jak zewnętrznych. Efekt wewnętrzny stanowią natychmiastowe stopy zwrotu z akumulacji kapitału ludzkiego bezpośrednio dla danej jednostki lub jej najbliższej rodziny. Efekt zewnętrzny przejawia się w dyfuzji wiedzy oraz dokonuje się podczas szkolenia zawodowego przez podnoszenie efektywności pracy innych pracowników. Jest to możliwe dzięki występowaniu interakcji między ludźmi oraz wynika z faktu, że tworzenie kapitału ludzkiego jest zajęciem społecznym. Dyfuzja wiedzy i technologii pomiędzy krajami podlega z kolei stymulacji przez handel. Lucas poszerzył neoklasyczny model wzrostu gospodarczego Solowa o kapitał ludzki, a także o wymianę między krajami.

Lucas podkreśla wkład modelu Solowa w tak ważną kwestię, jaką jest rozróżnienie zmian poziomów zmiennych od efektów wzrostowych. Zmiana poziomu zmiennych wiąże się z wejściem na wyższą bądź niższą ścieżkę wzrostu bez zmiany jej nachylenia, natomiast efekt wzrostowy występuje wtedy, gdy zmieniają się parametry, które określają stopę wzrostu. Implikacją modelu Lucasa jest fakt, że zachodzą małe szanse, aby gospodarki charakteryzujące się niskim początkowym zasobem kapitału zarówno fizycznego, jak i ludzkiego, zrównały się z krajami o wysokim zasobie tych kapitałów.

Endogeniczny model dyfuzji technologii Nelsona-Phelpsa

Jedną z pierwszych endogenicznych teorii modelująca bezpośrednio pochodzenie i dynamikę technologii została stworzona przez Nelsona i Phelps'a w 1966 roku. Wprowadzili oni pojęcie teoretycznego poziomu technologii, które oznacza najwyższy praktyczny poziom technologii przy założeniu, że dyfuzja technologii jest nieustanna i stanowi miarę zasobu wiedzy i dostępnych dla innowatorów technik. Przyswajanie nowych technologii, adaptacja do zmian, wprowadzanie innowacji to działania mające na celu zbliżenie faktycznego poziomu technologii stosowanego w praktyce do jej teoretycznego poziomu. Umożliwia to kapitał ludzki, rozumiany tutaj jako osiągnięty poziom wykształcenia. Zgodnie z tą teorią, im bardziej wykształcony człowiek, zwłaszcza zarządzający produkcją, tym lepszym będzie innowatorem, a więc tym szybciej wprowadzi nowe technologie do procesu produkcyjnego, co przyspieszy rozprzestrzenianie się technologii w gospodarce. Edukacja zwiększa zdolność do rozumienia, przyswajania i oceny nowych informacji oraz rozróżniania między dobrymi i niekorzystnymi pomysłami. Zmniejsza również prawdopodobieństwo popełniania błędów, co skłania do poszukiwania nowych technik w celu usprawnienia produkcji i uniknięcia ryzyka. Od strony formalnej wzrost całkowitej produktywności czynników A w kraju i jest przedstawiony równaniem:

$$DA_i = \gamma_1 + \gamma_2 H_i + \gamma_3 H_i [(Y_{\max} - Y_i) / Y_i]$$

gdzie DA oznacza logarytm różnicy między końcem a początkiem okresu w kraju i , γ_1 reprezentuje egzogeniczny postęp technologiczny, $\gamma_2 H$ to krajowe innowacje, a ostatnie wyrażenie obrazuje dyfuzję technologii z zagranicy, która jest modelowana jako interakcje pomiędzy średnim w okresie badania poziomem H w kraju i doganianiem technologicznym. Składnik opisujący dyfuzję technologii, czy też efekt doganiania wskazuje na opóźnienie kraju w stosunku do lidera technologicznego (Y_{\max} to dochód na głowę w przodującym technologicznie kraju).

Przekształcenie funkcji produkcji Cobba-Douglasa o następującej postaci:

$$Y = A_H K^\alpha L^\beta \varepsilon$$

przez logarytm różnicy oraz podstawienie powyższego równania prowadzi do otrzymania następującego równania opisującego wzrost dochodu:

$$DY = \gamma_1 + (\gamma_2 - \gamma_3) H_i + \gamma_3 H_i (Y_{\max} / Y_i) + \alpha DK + \beta DL + D\varepsilon$$

Całkowity wpływ kapitału ludzkiego na przyrost dochodu DY jest dany przez:

$$(\gamma_2 - \gamma_3) + \gamma_3 (Y_{\max} / Y_i),$$

gdzie $\overline{(Y_{\max}/Y_i)}$ jest średnią wartością (Y_{\max}/Y_i) .

Ze skonstruowanych tu modeli wynika, że krańcowa użyteczność z edukacji zawsze będzie dodatnia, a zwrot z osiągniętego wykształcenia jest tym większy, im szybciej rośnie teoretyczny poziom technologii. Analiza tych modeli prowadzi również do wniosku, że skoro innowacje powodują powstawanie efektów zewnętrznych, ponieważ wskazują drogę dla naśladowców, to edukacja przez stymulowanie innowacji także produkuje efekty zewnętrzne. W ten sposób wpływa na wzrost gospodarczy.

Modelowanie postępu technicznego przez Benhabiba i Spiegela

Benhabib i Spiegel (1994) stworzyli model, którego specyfikacja wywodzi się z endogenicznej teorii wzrostu, a funkcja Cobb-Douglasa przyjmuje postać następującą:

$$y_i = A_i H_i K_i^\alpha L_i^\beta \varepsilon_i,$$

co po zlogarytmowaniu można przedstawić za pomocą równania:

$$\Delta \ln y = \Delta \ln AH + \alpha \Delta \ln K + \beta \Delta \ln L + \Delta \ln \varepsilon.$$

Wzrost całkowitej produktywności czynników modelowany jest jako funkcja poziomu kapitału ludzkiego. Wzrost dochodu dokonuje się poprzez wpływ kapitału ludzkiego na krajowe innowacje, co jest zgodne z teorią Romera (1990), jak i na technologiczne doganianie innych krajów przez kraj i , w duchu myśli Nelsona i Phelps'a (1966). Wyraża to następujące równanie:

$$[\Delta \ln A \cdot H_i]_i = c + gH_i + mH_i \frac{y_{\max} - y_i}{y_i},$$

gdzie c reprezentuje egzogeniczny postęp technologiczny, gH ujmuje endogeniczny postęp technologiczny związany z krajową zdolnością do innowacji, zaś $mH_i \frac{y_{\max} - y_i}{y_i}$ wyraża efekt doganiania obrazujący przejmowanie technologii od lidera.

W rezultacie przeprowadzenia estymacji okazuje się, że rola kapitału ludzkiego ma większe znaczenie dla technologicznego doganiania niż dla endogenicznych, krajowych innowacji. Jednak wyniki te zostają odwrócone, gdy do badania wykorzystano jedynie próbkę państw zamożniejszych, w których endogeniczny postęp technologiczny w postaci krajowych innowacji nabiera wagi, zaś proces technologicznego doganiania okazuje się mniej ważny.

Podsumowując, badanie przypisuje ważną rolę kapitałowi ludzkiemu w przyswajaniu zagranicznych technologii w krajach rozwijających się oraz tworzeniu nowych technologii na szczeblu krajowym w krajach bogatych. Z modelu wypływa implikacja, że w określaniu wzrostu dochodu *per capita* udział biorą poziomy zasobu kapitału ludzkiego, nie zaś tempo jego wzrostu. Autorzy dowodzą także niepoprawności podejścia do kapitału ludzkiego jako do zwykłego czynnika produkcji, wchodzącego do funkcji produkcji w sposób bezpośredni.

Próba syntezy teorii endogenicznych Nelsona-Phelps'a i Lucasa przez Engelbrechta

Praca Engelbrechta (2003) stanowi aplikację podejścia Nelsona i Phelps'a oraz Lucasa jednocześnie, poprzez testowanie na próbkę krajów OECD modelu hybrydowego, uwzględniającego rolę kapitału ludzkiego we wzroście gospodarczym zarówno przez stymulowanie dyfuzji technologii, jak i bezpośrednio przez wpływ jego akumulacji. Do estymacji modelu hybrydowego zostało użyte następujące równanie:

$$DY = \gamma_1 + (\gamma_2 - \gamma_3)H_i + \gamma_3 H_i (Y_{\max}/Y_i) + \alpha DK + \beta DL + \mu DH + D\varepsilon,$$

gdzie DY oznacza logarytm różnicy między dochodem na końcu i na początku okresu, a pozostałe oznaczenia są identyczne jak w modelu Nelsona-Phelps'a.

W efekcie przeprowadzenia regresji oraz testów istotności parametrów autor uznał za zasadne usunięcie z równania składnika $(\gamma_2 - \gamma_3)H_i$ określającego poziom kapitału ludzkiego odpowiedzialny za krajowe innowacje, uzasadniając, że najistotniejszym wkładem myśli Nelsona-Phelps'a jest odkrycie roli kapitału ludzkiego w dyfuzji technologii. Według Engelbrechta wyniki empiryczne potwierdzają słuszność stosowania modeli łączących w ten sposób myśl Lucasa i częściowo Nelsona i Phelps'a. Wnioski płynące z modelu Benhabiba i Spiegela (1994), które wskazywały na duże znaczenie krajowych innowacji w krajach bogatych² w pracy Engelbrechta okazały się nie być typowe dla krajów OECD.

Do badania wykorzystano zbiór Summersa i Hestona oraz dane przekrojowe z krajów OECD uśrednione w czasie, co pozwoliło na uniknięcie problemu błędów wynikających z krótkoterminowych zakłóceń oraz umożliwiło porównanie rezultatów z wynikami uzyskanymi przez Benhabiba i Spiegela (1994). Wadą tego podejścia jest utracenie informacji zawartych w panelowych zbiorach danych oraz szeregach czasowych. Słabością części empirycznej artykułu jest fakt przeprowadzenia estymacji na zaledwie 25 obserwacjach będących danymi zagregowanymi w czasie. W celu przetestowania odporności regresji autor stosuje różne miary ilościowe i jakościowe zasobu kapitału ludzkiego pochodzące ze zbiorów wykorzystanych wcześniej przez Benhabiba i Spiegela (1994), Barro i Lee (2001), De la Fuente i Domenecha (2000) oraz Hanushka i Kimko (2000). Testuje owe zbiory i koryguje je ze względu na występowanie obserwacji nietypowych, co prowadzi go do poprawy wyników oszacowania.

¹ Ponieważ okazał się nieistotny, a parametr przy nim stojący miał znak ujemny, co jest sprzeczne z podstawową intuicją i wnioskami płynącymi z teorii Nelsona-Phelps'a.

² Benhabib i Spiegel (1994) nie dysponowali danymi na temat krajów OECD, za kraje bogate zaś uznali te, które charakteryzował największy początkowy dochód w roku 1965. Faktycznie grupa ta nie zwierała takich krajów OECD, jak Austria, Belgia, Czechy, Węgry, Islandia, Norwegia, Holandia, Finlandia, Polska i Szwajcaria, natomiast włączała między innymi Nikaragwę, Fidzi, Argentynę, Chile, Irak i Wenezuelę.

Rezultaty badania wskazują na pozytywny i statystycznie istotny wpływ kapitału ludzkiego na wzrost gospodarczy. Będzie on większy, gdy zastosuje się różne miary wykształcenia dla różnych kategorii kapitału ludzkiego, na przykład wyższe wykształcenie dla składnika określającego dyfuzję technologii oraz średnią liczbę ukończonych lat szkoły dla akumulacji kapitału ludzkiego.

Naturalną konsekwencją zaprezentowania koncepcji teoretycznych była chęć ich weryfikacji w oparciu o dane empiryczne. W literaturze można spotkać badania empiryczne w różny sposób rozszerzające podstawowe teorie. Artykuły empiryczne często bazują na modyfikacji równań wyprowadzonych z teorii (np. Benhabib, Spiegel 1994) lub dodają nowy czynnik do równania wzrostu (np. Nonneman, Vanhoudt 1996). Ze względu na fakt, że teoretyczne modele są trudne do bezpośredniego oszacowania, autorzy czasem posługują się uproszczeniami (np. Barro 2001). Można także spotkać modele dokonujące syntezy głównych koncepcji teoretycznych (np. Engelbrecht 2003). Czasami wkład kolejnego badania empirycznego do rozwoju wiedzy polega na zastosowaniu nowej miary dla czynnika ludzkiego (np. Gemmell 1996; Hanushek, Kimko 2000) albo polepszeniu jakości bazy danych (np. De la Fuente, Domenech 2000).

Przegląd badań empirycznych dotyczących nowych czynników wzrostu

Niezależnie od testowanej teorii, wykorzystywanych zbiorów danych, czy też stosowanej metody ekonometrycznej badania empiryczne nowych determinantów wzrostu dochodu, w szczególności wpływu kapitału ludzkiego, badań i rozwoju oraz nowych technologii na wzrost gospodarczy są bardzo zróżnicowane i niejednoznaczne.

Tabela 2. Badania teoretyczno-empiryczne dotyczące nowych czynników wzrostu

Rok	Autor	Tytuł	Zawartość
1. Kapitał ludzki			
1991	Barro	<i>Economic Growth in a Cross Section of Countries</i>	Stopa wzrostu dochodu jest pozytywnie skorelowana z wyjściowym poziomem kapitału ludzkiego i negatywnie z wyjściowym poziomem dochodu.
1992	Levine, Renelt	<i>A Sensitivity Analysis of Cross-Country Growth Regressions</i>	Analiza wrażliwości regresji przekrojowych wzrostu na zmiany regresorów. Kapitał ludzki przechodzi test pozytywnie.
1995	Islam	<i>Growth Empirics: A Panel Data Approach</i>	Weryfikacja modelu MRW dla danych panelowych pokazuje, że parametry przy kapitale ludzkim okazują się ujemne i statystycznie nieistotne.
1996	Pritchett	<i>Where Has All the Education Gone?</i>	Oszacowanie równania wyprowadzonego z teorii ekonomii pracy daje ujemne współczynniki przy zmianie kapitału ludzkiego a same współczynniki są nieistotne.
1996	Barro	<i>Determinants of Growth: A Cross-Country Empirical Study</i>	Wykształcenie mężczyzn wpływa dodatnio na wzrost gospodarczy, a wykształcenia kobiet nie ma znaczenia dla wzrostu.
1996	Gemmell	<i>Evaluating the Impacts of Human Capital Stocks and Accumulation on Economic Growth: Some New Evidence</i>	Stworzenie własnej miary kapitału ludzkiego. Poziom i akumulacja kapitału ludzkiego bezpośrednio i dodatnio wpływają na wzrost.
2000	Bils, Klenow	<i>Does Schooling Cause Growth?</i>	Wyprowadzenie i empiryczne udowodnienie odwrotnej zależności, w której tempo wzrostu gospodarczego pozytywnie wpływa na kapitał ludzki
2000	Hanushek, Kimko	<i>Schooling, Labor Quality and the Growth of Nations</i>	Jakość kapitału ludzkiego ma znaczenie dla wzrostu gospodarczego.
2001	De la Fuente, Domenech	<i>Schooling Data, Technological Diffusion and the Neoclassical Model</i>	Polepszenie jakości danych pozwala udowodnić, że wzrost kapitału ludzkiego ma dodatni wpływ na wzrost gospodarczy.
2001	Barro	<i>Human Capital and Economic Growth</i>	Pozytywny wpływ kapitału ludzkiego na wzrost dochodu i inwestycje w kapitał fizyczny oraz negatywny wpływ na dzietność.
2001	Lee	<i>Education for Technology Readiness: Prospect for Developing Countries</i>	Kapitał ludzki stymuluje wzrost łącznej produktywności czynników.
2002	Barrio-Castro, Lopes-Bazo, Serrano-Domingo	<i>New Evidence on International R&D Spillovers, Human Capital and Productivity in the OECD</i>	Rola kapitału ludzkiego jest znacząca w oddziaływaniu na łączną produktywność czynników.
2001	Bassanini Scarpetta	<i>Does Human Capital Matter for Growth in OECD Countries?</i>	Wzrost kapitału ludzkiego przyspiesza tempo wzrostu gospodarczego.
2004	Liberda, Tokarski	<i>Kapitał ludzki a wzrost gospodarczy w krajach OECD</i>	Stopa inwestycji w kapitał ludzki nie wykazuje statystycznie istotnego wpływu na tempo wzrostu dochodu.

2. Badania i rozwój			
1993	Lichtenberg	<i>R&D Investment and International Productivity Differences</i>	Pokazuje zależność pomiędzy współczynnikiem wydatków na prywatne badania rozwojowe w relacji do PKB, a stopą wzrostu produktu na dorosłego.
1994	Goel, Ram	<i>Research and Development Expenditures and Economic Growth: A Cross – Country Study</i>	Współczynnik wydatków na badania i rozwój do produktu jest skorelowany ze stopą wzrostu dochodu na głowę jedynie w krajach o wysokim dochodzie.
1995	Gittleman, Wolff	<i>R&D Activity and Cross Country Growth Comparisons</i>	Zmienna B+R oddziałuje na wzrost jedynie w krajach o wysokim dochodzie.
1995	Coe, Helpman	<i>International R&D spillovers</i>	Łączna produktywność czynników (TFP) zależy od krajowego oraz zagranicznego kapitału B+R.
1997	Helpman	<i>R&D and Productivity: The International Connection</i>	Korzyści z działalności badawczo - rozwojowej koncentrują się w krajach inwestujących, lecz ich część rozprzestrzenia się także na inne kraje.
2000	Welfe	<i>Empiryczne modele wzrostu gospodarczego</i>	Wyodrębnienie efektów nakładów na B+R oraz kapitału ludzkiego na łączną produktywność czynników produkcji.
2000	Braconier	<i>Do Higher Per Capita Incomes Lead to More R&D Expenditure?</i>	Próba obalenia standardowego założenia o egzogeniczności B+R w analizie produktywności.
2001	Sylwester	<i>R&D and Economic Growth</i>	Brak silnej zależności pomiędzy wydatkami na badania i rozwój a wzrostem w pełnej próbie; dodatnia zależność w próbie państw G7.
2001	Wolff	<i>The Role of Education in the Postwar Productivity Convergence among OECD Countries</i>	Pozytywna zależność pomiędzy poziomem wykształcenia siły roboczej, a intensywnością działalności badawczo - rozwojowej w kraju.
2001	Madden, Savage, Bloxham	<i>Asian and OECD International R&D Spillovers</i>	Łączna produktywność czynników oraz wzrost kapitału badawczo - rozwojowego są pozytywnie skorelowane.
2003	Frantzen	<i>The Causality Between R&D and Productivity in Manufacturing: An International Disaggregate Panel Data Study</i>	Związek pomiędzy działalnością badawczo - rozwojową i łączną produktywnością czynników (TFP) jest znaczący i przebiega raczej w kierunku od B+R do TFP niż odwrotnie.
3. Technologie ICT oraz patenty			
1985	Judd	<i>On the Performance of Patents</i>	Patenty pobudzają innowacje mimo monopolistycznych zakłóceń rynku, jakie powodują.
1995	Bresnahan, Trajtenberg,	<i>General Purpose Technologies: Engines of Growth?</i>	Tempo postępu technicznego jest zdeterminowane przez technologie o ogólnym zastosowaniu i charakterystyki rynku, na którym funkcjonują.
1999	Jorgenson, Stiroh	<i>Information Technology and Growth</i>	Korzyści z inwestycji w sprzęt komputerowy są internalizowane przez firmy i gospodarstwa domowe
2000	Oliner, Sichel	<i>The Resurgence of Growth in the late 1990s: Is Information Technology the Story?</i>	Znaczący udział technologii informacyjnych we wzroście produktywności siły roboczej.
2000	Shreyer	<i>The Contribution of Education in the Postwar Productivity Convergence Among OECD Countries</i>	We wszystkich krajach G7 kapitał ICT wyraźnie przyczynia się do wzrostu gospodarczego (najbardziej w USA).
2000	Bessen, Maskin	<i>Sequential Innovation, Patents and Imitation</i>	W dynamicznym modelu patenty ograniczają komplementarne innowacje. Imitacje mogą być pożyteczne z punktu widzenia społeczeństwa oraz oryginalnego innowatora.
2002	Quah	<i>Technology Dissemination and Economic Growth: Some Lessons for the New Economy</i>	Endogeniczny wzrost gospodarczy jest efektem interakcji czynników podaźowych i popytowych. Ważna jest wymiana i rozpowszechnianie produktów wiedzy.
2003	Zachariadis	<i>R&D, Innovation, and Technological Progress: a test of the Schumpeterian Framework without Scale Effects</i>	Pozytywna zależność między intensywnością działalności badawczo-rozwojowej, tempem powstawania patentów i postępem technologicznym.
2003	Gordon	<i>Hi – Tech Innovation and Productivity Growth: Does Supply Create Its Own Demand?</i>	Konwencjonalne analizy badające wpływ inwestycji w technologie informacyjno – komunikacyjne na poziom produktywności po roku 1995 zostały przecenione.
2005	Jorgenson	<i>Accounting for Growth in the Information Age</i>	Ożywienie gospodarcze w krajach G7 po 1995 r. to w dużej mierze efekt inwestycji w technologie informacyjne.

Źródło: Opracowanie własne.

Badania empiryczne dotyczące kapitału ludzkiego

Levine i Renelt (1992) wykazują, że korelacja pomiędzy większością zmiennych a wzrostem dochodu zależy od zestawu dodatkowych regresorów zawartych w modelu. Oznacza to, że zmienne wykazują dużą wrażliwość nawet na niewielkie modyfikacje pierwotnych założeń, które mogą anulować lub całkowicie odwrócić początkowe wyniki. Dodając do tego fakt, że alternatywne regresje mają równie znaczące podłoże teoretyczne, autorzy postulują wielką ostrożność w interpretacji wyników regresji przekrojowych. Autorom udało się udowodnić hipotezę, że kapitał ludzki (mierzony współczynnikiem skolaryzacji dla szkół średnich, ale także innymi wskaźnikami) jest odporny na dobór innych regresorów, a zatem w sposób istotny uczestniczy we wzroście gospodarczym. Jego wpływ jest dodatni, ze współczynnikiem przyjmującym wartości pomiędzy 2,5 a 3,7. Mimo tego, połączenie zestawu zmiennych objaśniających z prac Kormendi i Meguire (1985) oraz Barro (1991) sprawia, że zmienne określające edukację, podobnie jak pozostałe wskaźniki polityki gospodarczej, stają się nieistotne.

Według Barro (1991) korelacja między wzrostem dochodu a wyjściowym poziomem kapitału ludzkiego jest silnie dodatnia, przy przyjęciu wyjściowego poziomu dochodu za stały. Natomiast korelacja między wzrostem dochodu a wyjściowym poziomem tegoż dochodu jest silnie negatywna, przy założeniu stałości parametrów określających wyjściową wielkość kapitału ludzkiego. Oznacza to, że kraje biedne mogą dorównać krajom bogatym tylko wówczas, gdy zwiększą wielkość kapitału ludzkiego w stosunku do swego dochodu na głowę.

Do pozytywnych empirycznych weryfikacji neoklasycznej teorii wzrostu należy zaliczyć artykuł Gemmella (1996). Dzięki wykorzystaniu w modelu własnego wskaźnika kapitału ludzkiego autor wykazuje pozytywny wpływ zarówno poziomu, jak i akumulacji kapitału ludzkiego na wzrost dochodu. W tym samym roku Barro (1996) udowadnia, że wykształcenie mężczyzn na poziomie średnim i wyższym dodatnio oddziałuje na wzrost gospodarczy, zaś wykształcenie kobiet, niezależnie od poziomu, nie odgrywa roli w pobudzaniu wzrostu. Kolejni badacze, Hanushek i Kimko (2000), tworzą własną miarę kapitału ludzkiego posługując się wynikami międzynarodowych testów zdolności poznawczych w dziedzinie matematyki i nauk ścisłych. W ich modelu jakość kapitału ludzkiego zmierzona w ten sposób okazuje się mieć istotne znaczenie dla wzrostu gospodarczego, choć zastosowanie tej metody dla krajów OECD nie przynosi jednoznacznych rezultatów (Temple, 2000). W regresji na danych panelowych dotyczących krajów całego świata, autorstwa Barro (2001), kapitał ludzki bezpośrednio dodatnio wpływa na wzrost gospodarczy. Badanie krajów OECD Bassanniniego i Scarpetty (2001) również to potwierdza, choć stosuje inny zestaw zmiennych objaśniających. Lee (2001) dowodzi pozytywnego oddziaływania kapitału ludzkiego na całkowitą produktywność czynników (TFP). Podobnie czynią Barrio-Castro i inni (2002), którzy zwiększenie TFP spowodowane wzrostem kapitału ludzkiego w postaci dodatkowego roku w szkole oszacowali na 5%.

Badania empiryczne przynoszą również negatywne wyniki zaprzeczając teorii lub wykazując jej niedoskonałość. W artykule Islama (1995) zostaje wykorzystana specyfikacja Mankiwa, Romera i Weila (1992), jednak przebadana próba ma charakter danych panelowych. Prowadzi to do rezultatów zasadniczo różnych od tych otrzymanych dla regresji przekrojowej, a mianowicie parametry przy kapitale ludzkim okazują się ujemne i statystycznie nieistotne. Pritchett (1996) w swoim badaniu przekrojowej próby krajów rozwijających się i rozwiniętych odwołuje się także do ekonomii pracy dowodząc, że skoro wykształcenie przynosi jednostce wzrost produktywności jej własnej pracy, to powinna występować korelacja pomiędzy dochodem na pracownika a zmianą w średnim uzyskanym wykształceniu w społeczeństwie (Temple, 2000). Jednak wyniki oszacowania dla badanej próby dają ujemne współczynniki przy zmianie kapitału ludzkiego, a także okazują się statystycznie nieistotne. Bils i Klenow (2000) otrzymują i udowadniają odwrotną zależność, w której tempo wzrostu gospodarczego pozytywnie wpływa na kapitał ludzki, a nie odwrotnie.

De la Fuente i Domenech (2000) dowodzą, że niezgodne z intuicją wnioski z poprzednich badań, wskazujące na brak lub negatywną zależność pomiędzy kapitałem ludzkim a wzrostem gospodarczym wynikają między innymi z niedoskonałości wykorzystywanych baz danych na temat edukacji, obarczonych błędem pomiaru. Dlatego tworzą własny zbiór danych bazujący na zbiorze Barro i Lee (1996) i szacują model, który wyjaśnia zmienność stopy wzrostu produktywności w 80%. Uzyskane estymacje parametrów technologicznych są zgodne z oczekiwaniami. Wykazują również dodatnią zależność pomiędzy kapitałem ludzkim a wzrostem gospodarczym.

W pracy Kruegera i Lindahla (2001) poziom kapitału ludzkiego pozytywnie wpływa na wzrost, lecz nie jest to zależność liniowa. Badanie wpływu zmiany kapitału ludzkiego na wzrost przez Temple (2001) prowadzi do otrzymania rozbieżnych rezultatów w zależności od zastosowanej metody ekonometrycznej i specyfikacji równania. Statystycznie nieistotny okazuje się wpływ inwestycji w kapitał ludzki na wzrost dochodu w empirycznej weryfikacji modelu neoklasycznego autorstwa Liberdy i Tokarskiego (2004).

Badania i rozwój, technologie ICT oraz patenty w analizach wzrostu

Goel i Ram (1994) zaprezentowali model, w którym współczynnik wydatków na badania i rozwój do produktu jest skorelowany ze stopą wzrostu dochodu na głowę, lecz jedynie w krajach o wysokim dochodzie. Nie wiadomo, czy zależność ta przebiega w kierunku od wydatków na działalność badawczą – rozwojową do wzrostu gospodarczego, czy też odwrotnie. Podobne wyniki uzyskali Gittleman i Wolff (1995). Z drugiej strony, Lichtenberg (1993) znajduje zależność pomiędzy współczynnikiem wydatków na prywatne badania rozwojowe do PKB, a stopą wzrostu produktu na osobę dorosłą. Zależność między wzrostem gospodarczym, a rządowymi wydatkami na badania i rozwój okazała się w wielu przypadkach zerowa, a nawet ujemna. Rezultaty sugerują, że prywatne wydatki na badania i rozwój mogą być istotne w szerszej grupie państw. Badanie Sylwestera (2001) również rozróżnia pomiędzy prywatnymi, a rządowymi wydatkami na badania i rozwój. Wyniki sugerują szybszy wzrost krajów biedniejszych od krajów o wysokim dochodzie oraz to, że kraje o większych zasobach kapitału ludzkiego rozwijają się szybciej od innych. Nie ma jednak dowodu na to, że przeznaczanie większych nakładów na badania i rozwój skutkuje wyższym wzrostem gospodarczym

Słabością zaprezentowanych modeli jest fakt, że nie wyjaśniają potencjalnego rozprzestrzeniania się efektów pomiędzy krajami. O ile korzystne efekty w łącznej produktywności czynników płynące z krajowych badań rozwojowych zostały ustalone, o tyle dowód o ważności zagranicznej aktywności w tej dziedzinie pojawił się dopiero w tekście Coe i Helpmana (1995). Coe i Helpman wysuwają wniosek, że łączna produktywność czynników w kraju zależy nie tylko od rodzimego zasobu tego kapitału, ale również od zasobu będącego w posiadaniu krajów, z którymi prowadzona jest wymiana handlowa. Efekty działalności badawczo - rozwojowej mogą się rozprzestrzeniać pomiędzy krajami dzięki prowadzonej wymianie handlowej. Stopa zwrotu z kapitału badawczo - rozwojowego jest bardzo wysoka, zarówno w kategoriach krajowego dochodu jak i w odniesieniu do międzynarodowego rozprzestrzeniania się efektów. Opierając się na powyższych wynikach, w 1997 roku Helpman ponownie przeprowadza badanie, które potwierdza prawdziwość rezultatów uzyskanych wcześniej. Helpman estymuje elastyczność łącznej produktywności czynników w krajach rozwijających się względem zasobu badawczo - rozwojowego w krajach uprzemysłowionych i jednocześnie zakłada, że krajowy kapitał badawczo - rozwojowy jest nieistotny w krajach rozwijających się. Założenie to wydaje się być niewłaściwe dla niektórych azjatyckich krajów o wysokim dochodzie, uwzględnionych w badaniu przeprowadzonym przez Maddena, Savagea i Bloxhama (2001). Badanie to analizuje rolę, jaką działalność badawczo - rozwojowa odgrywa w postępie technologicznym, poprzez międzynarodowe rozprzestrzenianie się kapitału badawczo - rozwojowego oraz krajowe imitacje. Okazuje się, że łączna produktywność czynników oraz wzrost kapitału badawczo - rozwojowego są pozytywnie skorelowane. Krajowa działalność badawczo - rozwojowa ma relatywnie wysoki wpływ na wzrost łącznej produktywności czynników w krajach azjatyckich.

Braconier (2000) dowodzi, że wzrost PKB na głowę powinien prowadzić do wzrostu inwestycji w badania i rozwój w takim samym stopniu, w jakim badania i rozwój prowadzą do większego PKB. Jeśli zależność przebiega od PKB do badań rozwojowych, to prawdopodobnie rola, jaką odgrywają one w procesie wzrostu we wcześniejszych badaniach dotyczących ich wpływu na produktywność została przeceniona. Wyniki estymacji wskazują na to, że oczekiwany poziom przyszłego dochodu na głowę stanowi główny czynnik determinujący obecne wydatki badawczo - rozwojowe na głowę, a także potwierdzają pozytywny i znaczący efekt rozprzestrzeniania się efektów od badań rozwojowych do PKB. Autor stwierdza, że założenie o egzogeniczności kapitału badawczo - rozwojowego w analizie produktywności jest nieaktualne, a wcześniejsze analizy rozprzestrzeniania się efektów prac badawczo - rozwojowych są prawdopodobnie zawyżone.

Frantzen (2003) dowodzi istnienia relacji pomiędzy łączną produktywnością czynników (TFP), a krajowym i zagranicznym kapitałem badawczo - rozwojowym, która pozwala na międzysektorowe i międzynarodowe rozprzestrzenianie się efektów działalności badawczo - rozwojowej. Produktywność uzależniona jest od łącznego krajowego oraz zagranicznego kapitału badawczo - rozwojowego. Rezultaty wskazują na to, że w znacznej większości sektorów, zależność przebiega głównie w kierunku od badań rozwojowych do produktywności i jest to zależność długookresowa.

Welfe (2000) endogenizuje postęp techniczny, czyli łączną produktywność czynników produkcji. Rozróżnia wpływ postępu technicznego zmaterializowanego w środkach trwałych i wywołanego przez nakłady na B+R oraz efekt zmian w kapitale ludzkim. Oszacowania wielkości oddziaływania dla Polski pokazują, że w latach 90. przyrosty kapitału ludzkiego tłumaczyły od 25 do 50% przyrostu łącznej produktywności czynników produkcji, zaś efekt postępu technicznego związanego ze środkami produkcji wynosił od 50 do 75% (Welfe, 2001).

Podsumowując, większość przedstawionych badań empirycznych potwierdza zachodzenie relacji (niekiedy obustronnej) pomiędzy kapitałem badawczo - rozwojowym, a produktywnością i wzrostem. Związek ten w niektórych przypadkach uzależniony jest od czynników takich jak poziom dochodu kraju, otwartość gospodarki czy ograniczenie do niektórych sektorów. Istnieją próby obalenia stwierdzenia o egzogeniczności kapitału badawczo - rozwojowego w analizie produktywności. Uwzględnienie jedynie krajowej działalności badawczo-rozwojowej jako determinanty postępu technologicznego nie jest podejściem wystarczającym. Czynnik ten powinien być analizowany wspólnie z rozprzestrzenianiem się, czy też imitacją technologii, kapitałem ludzkim, a także stosowaniem nowoczesnych technologii informacyjno-komunikacyjnych.

Zasadniczo, można wyróżnić trzy rodzaje oddziaływania technologii informacyjno-komunikacyjnych na produktywność gospodarki. Po pierwsze, inwestycje w technologie informacyjno-komunikacyjne (ICT) prowadzą do zwiększenia zasobu kapitału przypadającego na pracownika, co podnosi produktywność siły roboczej. Po drugie, dzięki szybkiemu postępowi technologicznemu towarzyszącemu produkcji dóbr i usług ICT wzrasta łączna produktywność czynników w sektorach wytwarzających ICT. Po trzecie, szerokie wykorzystanie technologii informacyjno-komunikacyjnych w przedsiębiorstwach pociąga za sobą wzrost ich wydajności i podwyższenie poziomu wieloczynnikowej produktywności.

Zagadnienie to jest rozważane od strony teoretycznej w artykułach Brasnahama i Trajtenberga (1995) oraz Quaha (2002). Bresnaham i Trajtenberg (1995) używają pojęcia technologii o ogólnym zastosowaniu (GPT). Wykazują, iż technologie o ogólnym zastosowaniu wraz z otoczeniem rynkowym, na którym funkcjonują są istotnym wyznacznikiem tempa postępu technicznego. Quah (2002) sugeruje podejście do analizy technologicznych czynników wzrostu, zwłaszcza technologii informacyjno-komunikacyjnych nie tylko od strony podażowej, lecz także z uwzględnieniem popytu. Uważa, że dzięki istnieniu popytu na tzw. produkty wiedzy możliwa jest ich wymiana oraz rozpowszechnianie, co pobudza w efekcie wzrost produktywności.

Badania empiryczne tego zjawiska zazwyczaj łącznie analizują efekty inwestowania i wykorzystywania technologii informacyjnych z punktu widzenia gospodarstw domowych, przedsiębiorstw oraz całej gospodarki. Badaniu podlega kwestia występowania efektów zewnętrznych oraz fakt rozprzestrzeniania się tego typu technologii.

Jorgenson i Stiroh (1999) dążą do wyjaśnienia paradoksu Solowa (1957), który stwierdził, że szybkiemu tempu inwestycji w IT może towarzyszyć wolny wzrost produktywności w gospodarce. Autorzy dochodzą do wniosku, iż jest to wynikiem faktu, iż korzyści z inwestycji w sprzęt komputerowy odnoszą firmy oraz gospodarstwa domowe, które ponoszą

nakłady na tego typu dobra. Ogólnym efektem jest rozwój sektora związanego z produkcją i rozpowszechnianiem sprzętu IT, nie występują natomiast pozytywne efekty rozprzestrzeniania się dla branż niezwiązanych z tą działalnością. Przeprowadzone przez Shreyera (2000) badanie wskazuje na fakt, że dobra kapitałowe technologii informacyjno - komunikacyjnych stanowią ważny składnik wzrostu dla krajów G7, chociaż w największym stopniu obserwowalne jest to w Stanach Zjednoczonych. Wyniki badania Olinera i Sichela (2000) wskazują, że ponad połowę wzrostu produktywności siły roboczej stanowi zwiększający się kapitał technologii informacyjno – komunikacyjnych. Pozostała część to głównie wzrost łącznej produktywności czynników w przemyśle technologii informacyjnych.

Gordon (2003) krytycznie odnosi się do rezultatów tego rodzaju analiz empirycznych. Dowodzi, iż konwencjonalnym analizom badającym wpływ inwestycji w technologie informacyjno – komunikacyjne na poziom produktywności po roku 1995 przypisuje się zbyt dużą wagę. Produktywność może utrzymywać tempo wzrostu na odpowiednim poziomie, nawet przy utrzymującym się spadku inwestycji w technologie informacyjno - komunikacyjne. Przy rozważaniu wzrostu produktywności obok produkcji i użycia kapitału ICT powinno się uwzględniać również innowacje czy usprawnienia organizacyjne.

Jorgenson (2005) dokonuje podziału wzrostu produktu dla każdego kraju pomiędzy wzrost nakładów i produktywność. Następnie rozdziela wzrost nakładów pomiędzy inwestycje w kapitał rzeczowy, w szczególności technologie informacyjne, oraz kapitał ludzki. Jorgenson stwierdza, że silny wzrost inwestycji w technologie informacyjne oraz oprogramowanie po roku 1995 wyjaśnia znaczną część ożywienia gospodarczego w Stanach Zjednoczonych, a także przyczynia się do wzrostu gospodarczego w pozostałych krajach G7. Innym, równie ważnym źródłem odrodzenia się tempa wzrostu grupy G7 po roku 1995 jest skok we wzroście produktywności w przemyśle produkcyjnych technologii informacyjnych.

Kwestie patentów porusza Judd (1985). Twierdzi, że istnienie patentów pobudza innowacje mimo monopolistycznych zakłóceń rynku, jakie powodują. Innowatorzy dążą do maksymalizacji zysku. Patenty mogą być potrzebne do osiągnięcia efektywności ze względu na fakt, że zapobiegają ponownemu odkrywaniu rzeczy już wynalezionych. Sytuacja taka może się zdarzyć wówczas, gdy imitacje są możliwe. Przyznawanie patentów na czas nieokreślony może powodować niestabilność w rozwoju związaną z cyklicznym zachowaniem innowacji.

Z drugiej strony, według Bessena i Maskina (2000) w dynamicznym świecie patenty mogą redukować komplementarne innowacje. Imitacje, zwłaszcza te uzupełniające innowacje, mogą się okazać korzystne zarówno dla oryginalnego innowatora, jak również dla ogólnego dobrobytu społecznego. Zabezpieczenie praw patentowych nie jest jedyną zachętą do innowacji. Gdy innowacje są komplementarne i sekwencyjne otoczenie konkurencyjne zapewnia firmom osiągnięcie zysku z wprowadzenia innowacji.

Podsumowując, w badaniach wpływu nowych czynników, a zwłaszcza kapitału ludzkiego, aktywności badawczo-rozwojowej i nowych technologii na wzrost gospodarczy uzyskiwano rozmaite wyniki, które tworzą bardzo niejednorodny, a jednocześnie bogaty obraz rozwoju wiedzy w tej dziedzinie. Wciąż jednak widać potrzebę zadawania pytań fundamentalnych oraz szukania na nie odpowiedzi mając na uwadze dotychczasowy dorobek nauki. Istnieje potrzeba sformułowania nowych teorii.

Zakończenie

Pytania o główne czynniki wzrostu gospodarczego stawiane są od czasu powstania ekonomii jako nauki. W wieku XX podstawowe modele wzrostu stworzyli ekonomiści zajmujący się rozwojem społecznym i gospodarczym: Harrod (1939), Rosenstein-Rodan (1943), Domar (1946), Hirschman (1958). Od czasu sformułowania neoklasycznej teorii wzrostu przez Roberta Solowa i T. W. Swana w 1956 roku dyskusja o tym, co powoduje wzrost nadal dotyczy pytań podstawowych.

Rozwój teorii wzrostu gospodarczego po 1956 roku polegał na weryfikacji głównej implikacji modelu Solowa dla wzrostu, czyli efektu doganiania gospodarek o wyższym poziomie dochodu przez gospodarki znajdujące się na niższym poziomie dochodu (konwergencja), a także wynikał z chęci wyjaśnienia źródeł wzrostu ogólnej produktywności czynników, czyli tzw. reszty Solowa.

Nowa teoria wzrostu rozwijająca się w ciągu ostatnich dwóch dekad (Lucas 1988; Romer 1986, 1990) powstała jako wyzwanie dla neoklasycznego modelu wzrostu, który nie wystarczał zarówno dla wyjaśnienia braku konwergencji krajów najbiedniejszych, jak i roli technologii we wzroście.

Celem artykułu była analiza modeli wzrostu z punktu widzenia uwzględniania nowych czynników wzrostu, w tym idei. Idee to instrukcje, które umożliwiają łączenie ograniczonych zasobów fizycznych w nowe kombinacje o większej wartości. Nowe idee są synonimem postępu. Stosowanie nowych idei rodzi poważne implikacje dla wzrostu w postaci dodatnich efektów skali i rosnących przychodów z inwestowania kapitału. Nowe idee powodują powstawanie korzyści zewnętrznych i prowadzą do wzrostu endogenicznego, czyli wzrostu tworzonego wewnątrz systemu gospodarczego.

W teorii wzrostu endogenicznego badane są nowe czynniki wzrostu, takie jak: kapitał ludzki, postęp technologiczny, nowe idee. Kapitał ludzki traktuje się albo jako samodzielny czynnik produkcji, tak jak kapitał fizyczny, albo jako czynnik podnoszący wydajność prostej pracy i kapitału, lub jako czynnik zewnętrzny, zwiększający ogólne zdolności innowacyjne i adaptacyjne gospodarki i jednostek. Lucas (1990, 94) wylicza, że wzrost o 10% jakości kapitału ludzkiego otoczenia, w którym przebywamy, zwiększa naszą wydajność o 3,6%.

W nowej teorii wzrostu próbuje się kwantyfikować efekty postępu technologicznego w postaci wynalazków, innowacji, technologii informacyjno-komunikacyjnych (ICT), imitacji i dyfuzji technologii. Bada się, czy istnienie patentów pobudza innowacje mimo monopolistycznych zakłóceń rynku, jakie powodują. Czy patenty jedynie zapobiegają ponownemu odkrywaniu rzeczy już wynalezionych, czy raczej redukują komplementarne innowacje? Imitacje, które uzupełniają innowacje mogą być korzystne zarówno dla oryginalnego innowatora, jak również dla ogólnego dobrobytu społecznego.

Objęcie od lat dziewięćdziesiątych ochroną patentową tzw. miękkich technologii, czyli głównie programów komputerowych i programów organizujących sieci internetowe, spowodowało wznowienie dyskusji na temat zasadności ochrony patentowej. Przy dzisiejszym szybkim rozwoju technologii ICT koszty społeczne z powodu zaniechania innowacji

w tej dziedzinie mogą być wyższe od korzyści z jej ochrony patentami. Dyskusja na temat wyłączenia rynku w dziedzinie ICT i kosztów z tym związanych przeniosła się obecnie z USA do Europy, w związku z zamiarami wielu wielkich korporacji, w tym Microsoft, uzyskania monopolu na zjednoczonym rynku europejskim.

Przed ekonomią wzrostu staje zadanie przeprowadzenia rachunku kosztów i korzyści ekonomicznych i społecznych związanych z efektami tworzenia i stosowania nowych technologii. Jest to niezwykle ambitne zadanie dla ekonomisty: zmierzyć ideę.

Literatura

- Aghion, P., Howitt, P., *Endogenous Growth Theory*, MIT Press, 1998.
- Aziardis, C., Drazen A., *Threshold Externalities in Economic Development*, Quarterly Journal of Economics, vol. 105, 501-526, 1990
- Barrio-Castro, T., Lopez-Bazo, E., Serrano-Domingo, G., *New Evidence on International R&D Spillovers, Human Capital and Productivity in the OECD*, Economics Letters, vol. 77, no. 1, 41-45, 2002.
- Barro, R. J., *Determinants of Growth: A Cross-Country Empirical Study*, NBER Working Papers 5698, National Bureau of Economic Research, 1996.
- Barro, R. J., *Economic Growth in a Cross Section of Countries*, Quarterly Journal of Economics, 106, 407-43, 1991.
- Barro, R. J., *Human Capital and Economic Growth*, American Economic Review, 91, 12-7, 2001.
- Barro, R. J., Lee J., W., *International Data on Educational Attainment: Updates and Implications*, Oxford University Press, 53, 541-63, 2001.
- Barro, R., J., Lee J., W., *International Measures of Schooling Years and Schooling Quality*, American Economic Review Papers and Proceedings, 86, 218-23, 1996.
- Bassanini, A., Scarpetta S., *Does Human Capital Matter for Growth in OECD Countries? Evidence from Pooled Mean – Group Estimates*, OECD, Economics Department Working Papers no. 282, 2001.
- Benhabib, J., Spiegel, M., *The Role of Human Capital in Economic Development, Evidence from Aggregate Cross-Country Data*, Journal of Monetary Economics, 34, 143-73, Nowy Jork, 1994.
- Bessen, J., E., Maskin, E., S., *Sequential Innovation, Patents, And Imitation*, MIT Department of Economics, Working Paper No. 00-01, 2000.
- Bils, M., Klenow, P., J., *Does Schooling Cause Growth?*, The American Economic Review, 90, 1160-1183, 2000.
- Braconier, H., *Do Higher Per Capita Incomes Lead to More R&D Expenditures?*, Review of Development Economics, vol. 4, no. 3, 2000.
- Bresnahan, T., M. Trajtenberg, *General Purpose Technologies: Engines of Growth?*, Journal of Econometrics, 1995.
- Coe, D., T., Helpman, E., *International R&D Spillovers*, European Economic Review, 39, 86-91, 1995.
- De la Fuente, A., Domenech, R., *Schooling Data, Technological Diffusion and the Neoclassical Model*, The American Economic Review Papers and Proceedings, 91, 323-7, 2001.
- Domar, E., D., *Capital Expansion, Rate of Growth, and Employment*, Econometrica 14, 137-47, 1946.
- Engelbrecht, H., J., *Human Capital and Economic Growth: Cross- Section Evidence for OECD*, The Economic Record, Pólnocne Palmerston, 79, 40-51, 2003.
- Frantzen, D., *The Causality between R&D and Productivity in Manufacturing: an international disaggregate panel data study*, International Review of Applied Economics, vol. 17, no. 2, 2003.
- Gemmell, N., *Evaluating the Impacts of Human Capital Stocks and Accumulation on Economic Growth: Some New Evidence*, Oxford Bulletin of Economics and Statistics, 58, 9-28, 1996.
- Gittleman, M., Wolff, E., *R&D Activity and Cross Country Growth Comparisons*, Cambridge Journal of Economics, 19, 189-207, 1995.
- Goel, R., Ram, R., *Research and Development Expenditures and Economic Growth: A Cross – Country Study*, Economic Development and Cultural Change, 42, 403-411, 1994.
- Gordon, R., J., *Hi – Tech Innovation and Productivity Growth: Does supply Create Its Own Demand?*, NBER Working Paper no. 9437, 2003.
- Grossman, G., M., Helpman, E., *Innovation and Growth in the Global Economy*, The MIT Press, 1991.
- Hanushek, E., A., Kimko, D., D., *Schooling, Labor Quality and the Growth of Nations*, The American Economic Review, 90, 1184-208, 2000.
- Harrod, R., F., *An Essay in Dynamic Theory*, Economic Journal, 49, 14-33, 1939.
- Helpman, E., *R&D and Productivity: The International Connection*, NBER Working Papers Series, 1997.
- Hirschman, A., O., *The Strategy of Economic Development*, New Haven, CT: Yale University Press, 1958.
- Islam, N., *Growth Empirics: A Panel Data Approach*, Quarterly Journal of Economics, 110, 4, 1127-1170, 1995.
- Jones, C., I., *Introduction to Economic Growth*, W.W. Norton & Company Ltd., London, 2002.
- Jorgenson D., W., Stiroh K., J., *Information Technology and Growth*, American Economic Review 89, 2, 109-115, 1999.
- Jorgenson, D., W., *Accounting for Growth in the Information Age*, w Aghion, P., Durlauf, S., “Handbook of Economic Growth”, t.10, Elsevier Science, 2005.
- Judd K., L., *On the Performance of Patents*, Econometrica, 53, 3, 1985.
- Kormendi, R., Meguire, P., *Macroeconomic Determinants of Growth: Cross-Country Evidence*, Journal of Monetary Economics, 16, 141-163, 1985.
- Krueger, A., B., Lindahl M., *Education for Growth: Why and for Whom?*, Journal of Economic Literature XXXIX, 1101-1136, 2001.
- Krugman P., *History versus Expectations*, Quarterly Journal of Economics, vol. 106, 651-667, 1991.
- Krugman P., *Toward a Counter-Counterrevolution in Development Theory*, Proceedings of the World Bank Annual Conference on Development Economics, Washington, 15-38, 1992.

- Lee, J., W., *Education for Technology Readiness: Prospects for Developing Countries*, Journal of Human Development, vol. 2, no. 1, 115-151(37), 2001.
- Levine, R., Renelt D., *A Sensitivity Analysis of Cross-Country Growth Regressions*, The American Economic Review, , 82, 942-63, 1992.
- Liberda, B., Tokarski T., *Kapitał ludzki a wzrost gospodarczy w krajach OECD*, Gospodarka Narodowa, 3, 16-26, 2004.
- Lichtenberg, F., *R&D Investment and International Productivity Differences*, w Horst Siebert "Economic Growth in the World Economy", Tobinger, Germany: J.C.B. Mohr, 1993.
- Lucas, R., E., *On the Mechanics of Economic Development*, Journal of Monetary Economics, 22, 3-42, Chicago, 1988.
- Lucas, R., E., *Why Doesn't Capital Flow From Rich to Poor Countries?*, The American Economic Review, 80, 92-96, 1990.
- Madden, G., Savage, S., J., Bloxham, P., *Asian and OECD International R&D Spillovers*, Applied Economic Letters, vol. 8, no. 7, 431-435, 2001.
- Mankiw, G., N., Romer, D., Weil, D.,N., *A Contribution to the Empirics of Economic Growth*, The Quarterly Journal of Economics, CVII, 407-437, 1992.
- Nelson, R., R., Phelps, E., S., *Investment in Humans, Technological Diffusion, and Economic Growth*, The American Economic Review, 51, 69-75, 1966.
- Nonneman, W., Vanhoudt, P., *A Further Augmentation of the Solow Model and the Empirics of Economic Growth for OECD Countries*, The Quarterly Journal of Economics, 1111, 943-953, 1996.
- Oliner, S., D., Sichel, D., E., *The Resurgence of Growth in the late 1990s: Is Information Technology the Story?*, Journal of Economic Perspectives, vol. 14, no. 4, 3-22, 2000.
- Pritchett, L., *Where Has All the Education Gone?* The World Bank Policy Research Working Paper no. 1581, 1996.
- Quah, D., *Technology Dissemination and Economic Growth: Some Lessons for the New Economy*, Centre for Economic Performance London School of Economics and Political Science, Londyn, 2001.
- Romer, P., M., *Endogenous Technological Change*, The Journal of Political Economy, Journal of Political, 98, 71-102, 1990.
- Romer, P., M., *Increasing Returns and Long-Run Growth*, The Journal of Political Economy, 94, 1002-1037, 1986.
- Romer, P., M., *The Origins of Endogenous Growth*, Journal of Economic Perspectives, 8, 3-22, 1994.
- Romer, P., M., *Two Strategies for Economic Development: Using Ideas and Producing Ideas*, Proceedings of the World Bank Annual Conference on Development Economics, Washington, 1992, 63-91.
- Rosentein-Rodan, P., *Problems of Industrialization of East and South-Eastern Europe*, Journal of Political Economy, 94(5),1002-37, 1943.
- Shreyer, P., *The Contribution of Information and Communication Technology to Output Growth: A Study of the G7 Countries*, OECD, 2000.
- Solow, R., *A Contribution to the Theory of Economic Growth*, Quarterly Journal of Economics, 70, 65-94, 1956.
- Solow, R., *Technical Change and the Aggregate Production Function*, Review of Economics and Statistics, 39, 312-20, 1957.
- Sylwester, K., *R&D and Economic Growth*, Knowledge, Technology, & Policy, vol. 13, no. 4, 71-84, 2001.
- Temple, J., *Growth Effects of Education and Social Capital in the OECD Countries*, OECD Economic Studies, 33, 57-101, 2001.
- Tokarski T., *Wybrane modele podażowych czynników wzrostu gospodarczego*, Wydawnictwo UJ, 2005.
- Welfe W., *Empiryczne modele wzrostu gospodarczego*, Ekonomista nr 4, 483-499, 2000.
- Welfe W., *Determinanty wzrostu potencjału gospodarczego Polski*, Referat na VII Kongres Ekonomistów Polskich, Zeszyt 14, Warszawa, 2001.
- Wolff, E., N., *The Role of Education in the Postwar Productivity Convergence among OECD Countries*, Industrial and Corporate Change, vol. 10, no. 3, 2001.