

Andrzej Cieřlik

Uniwersytet Warszawski

ENDOGENIZACJA TEORII WZROSTU GOSPODARCZEGO

Streszczenie: Postęę w dziedzinie teorii wzrostu, podobnie jak w innych dziedzinach ekonomii, dokonuje się poprzez wyjaśnianie tego, czego wcześniej nie udawało się wyjaśnić. Innymi słowy, te zmienne, które wcześniej były traktowane jako egzogenicznie dane, czyli określane poza modelem, zostają zendogenizowane w tym znaczeniu, że ustalenie ich wartości następuje w obrębie modelu. Postęę w neoklasycznej teorii wzrostu gospodarczego dokonał się dzięki włączeniu do niej teorii inwestycji, co pozwoliło na zendogenizowanie zmian zasobów kapitału fizycznego i ludzkiego, oraz dzięki wprowadzeniu międzyokresowego problemu optymalizacji użyteczności gospodarstw domowych, co umożliwiło endogenizację stopy oszczędności. Jednak teorii neoklasycznej nie udało się zendogenizować tempa postęęu technologicznego – kluczowej zmiennej odpowiedzialnej za wzrost w długim okresie, którego wyjaśnienie stało się głównym zadaniem nowej teorii wzrostu. Celem niniejszego artykułu było pokazanie osiągnięć neoklasycznej oraz nowej teorii wzrostu w endogenizacji poszczególnych czynników mogących mieć wpływ na stopę wzrostu.

Słowa kluczowe: endogenizacja, postęę technologiczny, teoria wzrostu gospodarczego.

Wprowadzenie

Stały wzrost dochodu na głowę w długim okresie jest jedną z najbardziej znanych i najczęściej cytowanych obserwacji empirycznych (*stylized facts*) w makroekonomii. Ostatnie dwie dekady to okres wzmoczonego wzrostu w wielu częściach świata, w szczególności w krajach Azji Południowo-Wschodniej, a także Europy Środkowo-Wschodniej. Jednak wyjaśnienie zjawiska długookresowego wzrostu gospodarczego wcale nie jest tak proste, jak mogłoby się na pierwszy rzut oka wydawać. Ekonomiści od wielu lat zadają sobie pytanie, co sprawia, że jedne kraje rosną szybciej niż inne i dlaczego występują pomiędzy nimi tak duże różnice w poziomie rozwoju gospodarczego.

Pod koniec lat szeřćdziesiątych XX wieku wydawało się, że wszystko co moęna było powiedzieć na temat wzrostu gospodarczego przy uęyciu neoklasycznego aparatu badawczego, zakładającego istnienie konkurencji doskonałej, stałych przychodów skali oraz jednorodności produktów i czynników produkcji, zostało juę powiedziane¹. Przez wiele lat studenci ekonomii byli uczeni, że w długim okresie stopa wzrostu dochodu na głowę, jeżeli nie jest zerowa, to jest określana przez egzogenicznie dane tempo postępu technologicznego. Zdecydowaną wadą tego modelu było wyjaęnianie wzrostu poza modelem. W rezultacie teoria wzrostu na wiele lat znikła zarówno z programów nauczania makroekonomii, jak i programów badawczych.

Problematyka wzrostu gospodarczego powróciła do głównego nurtu badań ekonomicznych dopiero w połowie lat osiemdziesiątych XX wieku, kiedy powstała alternatywa względem teorii neoklasycznej określana mianem nowej teorii wzrostu gospodarczego, która została zapoczątkowana pracami Romera [1986] i Lucasa [1988]. Waęnym bodęcem do rozwoju nowej teorii wzrostu były badania empiryczne dotyczące problematyki konwergencji dochodowej zapoczątkowane pracą Baumola [1986]. Ta empiryczna debata doprowadziła do reorientacji teorii wzrostu, a w rezultacie odeęscia od mało realistycznych załoęen ekonomii neoklasycznej. Celem nowego podejęscia stało się dokonanie endogenizacji tych czynników, które neoklasyczna teoria wzrostu traktowała jako egzogenicznie dane. W szczególności dotyczyło to endogenizacji postępu technologicznego, co wymagało rezygnacji z załoęen o konkurencji doskonałej i stałości przychodów skali.

Prawdziwy renesans teorii wzrostu był moęliwy dzięki postępowi, który nastąpił pod koniec lat siedemdziesiątych XX wieku w dziedzinie modelowania niedoskonale konkurencyjnych struktur rynkowych w obrębie działu mikroekonomii określanego mianem organizacji rynku (*industrial organization*). Następnie narzędzia te zostały zastosowane na gruncie gospodarki otwartej, dając początek nowej teorii handlu zagranicznego². Teoria ta powstała na przełomie lat siedemdziesiątych i osiemdziesiątych XX wieku, została zapoczątkowana, między innymi, pracami Dixita i Normana [1980], Helpmana [1981] oraz Krugmana [1979, 1980, 1981]. Na przełomie lat osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych XX wieku narzędzia te znalazły zastosowanie w nurcie nowej teorii wzrostu gospodarczego endogenizującym postęp technologiczny, zapoczątkowanym pracą Romera [1987].

Głównym celem niniejszego artykułu jest przedstawienie rozwoju współczesnej teorii wzrostu gospodarczego z perspektywy historycznej, zaczynając od

¹ Neoklasyczna teoria wzrostu była rozwijana jeszcze we wczesnych latach siedemdziesiątych XX wieku. Z bieęiem czasu teoria ta stawała się coraz bardziej zmatematyzowana i coraz bardziej oderwana od rzeczywistości. Za kres jej rozwoju przyjmuje się powstanie teorii racjonalnych oczekiwań oraz szoki naftowe, które odwróciły uwagę makroekonomistów od zagadnień długookresowych na rzecz problematyki krótkiego okresu [Barro i Sala-i-Martin 2004].

² Patrz omówienie tej teorii we wcześniejszej pracy autora [Cieřlik 2000].

wczesnych modeli należących do nurtu neoklasycznego, a kończąc na modelach nowej teorii wzrostu, która jest również niekiedy określana w literaturze przedmiotu mianem teorii wzrostu endogenicznego³.

Endogenizacja teorii wzrostu nie dotyczy jednak jedynie nowej teorii wzrostu, ale również i wcześniejszej teorii neoklasycznej. W niniejszym artykule przedstawiono osiągnięcia zarówno neoklasycznej, jak i nowej teorii wzrostu w endogenizacji czynników mogących mieć wpływ na stopę wzrostu w długim okresie na przykładzie modeli reprezentatywnych dla danego nurtu.

Postęp w dziedzinie teorii wzrostu, podobnie jak w innych dziedzinach ekonomii, dokonuje się poprzez wyjaśnianie tego, czego wcześniej nie udawało się wyjaśnić. Innymi słowy, te zmienne, które wcześniej były traktowane jako egzogenicznie dane, czyli określane poza modelem, zostają zendogenizowane, czyli ich wartości stają się określane w obrębie modelu.

Postęp w neoklasycznej teorii wzrostu gospodarczego dokonał się między innymi dzięki dodaniu do niej teorii inwestycji, co pozwoliło na zendogenizowanie zmian zasobów kapitału fizycznego czy ludzkiego, oraz dzięki wprowadzeniu międzyokresowego problemu optymalizacji użyteczności gospodarstw domowych, co umożliwiło endogenizację stopy oszczędności. Jednak teorii neoklasycznej nie udało się zendogenizować kluczowej zmiennej mającej wpływ na wzrost w długim okresie – tempa postępu technologicznego. Zasadniczym zadaniem nowej teorii wzrostu gospodarczego stało się więc wyjaśnienie, skąd się bierze postęp technologiczny, a w szczególności pokazanie w jaki sposób odejście od założeń neoklasycznych pozwala na zendogenizowanie stopy wzrostu dochodu na głowę w długim okresie.

W polskiej literaturze przedmiotu brak kompleksowego przeglądu problematyki poświęconej endogenizacji teorii wzrostu, pomimo istnienia wielu przeglądów w literaturze światowej⁴. Ze względu na ograniczenia miejsca w artykule zostaną omówione tylko niektóre modele, w wielu przypadkach w wersji uproszczonej, tak aby ich podstawowe idee mogły zostać przekazane w możliwie naj-

³ Współczesna teoria wzrostu koncentruje się na długim okresie i ma charakter podażowy, a nie popytowy tak jak było to we wcześniejszych teoriach keynesowskich autorstwa Harroda [1939], Domara [1946] oraz Tobina [1955]. W krótkim okresie na wzrost produktu narodowego wpływa bardzo wiele czynników, natomiast w długim okresie relatywnie niewiele. Duża część analizy makroekonomicznej koncentruje się na problematyce krótkiego okresu i traktuje zasoby kapitału fizycznego czy ludzkiego jako dane.

⁴ Na przykład, wczesne przeglądy literatury poświęcone nowej teorii wzrostu zostały dokonane przez Helpmana [1992], Hammonda i Rodrigueza-Clare'a [1993], Martina i Sunleya [1998], Ruttana [1998]. Powstało również kilku fundamentalnych księzek z teorii wzrostu autorstwa Grossmana i Helpmana [1991], Barro i Sala-i-Martin [2004], Aghiona i Howitta [1998, 2009], oraz Acemoglu [2009]. Niestety żadna z powyższych pozycji nie jest dostępna w języku polskim. Częściowo lukę tę starają się wypełnić prace Pońsko [2000], Rzońcy [2002] oraz Growca [2009] mają one jednak raczej charakter wycinkowy niż kompleksowego przeglądu literatury.

prostszy sposób. Modele te zilustrują główne nurty w teorii wzrostu i pozwolą zrozumieć bardziej skomplikowane współczesne modele wzrostu, które nawiązują do modeli podstawowych. W artykule pominięto wiele istotnych kwestii, takich jak relacja między wzrostem gospodarczym a otwartością gospodarki, które same w sobie zasługują na odrębne artykuły. Ponadto artykuł koncentruje się głównie na teorii, a nie empirii.

Struktura artykułu jest następująca. W pierwszym punkcie zostanie omówiona neoklasyczna teoria wzrostu, a następnie kolejne próby jej endogenizacji oraz ich krytyka. W tej części punktem wyjścia będzie podstawowy model Solowa-Swana [Solow 1956] ze stałą stopą oszczędności. Następnie zostaną pokazane kolejne rozszerzenia tego modelu polegające na endogenizacji stopy oszczędności oraz wprowadzeniu do niego dodatkowego czynnika produkcji – kapitału ludzkiego. Omówiony zostanie model Ramseya-Cassa-Koopmansa [Cass 1965], będący zmodyfikowaną wersją modelu Solowa-Swana [1956], do którego został dołączony problem międzyokresowej optymalizacji użyteczności gospodarstw domowych w celu dokonania endogenizacji stopy oszczędności. Innym rozszerzeniem podstawowego modelu Solowa-Swana [1956] jest wprowadzenie do niego dodatkowego czynnika produkcji, jakim jest kapitał ludzki przy zachowaniu stałości stopy oszczędności. Rozszerzenie to zostało dokonane w modelu Mankiwa, Romera i Weila [1992] w odpowiedzi na różnice występujące między szybkością konwergencji przewidywanej przez model Solowa-Swana [1956] a wynikami badań empirycznych.

Wreszcie obydwa rozszerzenia zostały połączone w jednym modelu autorstwa Barro, Mankiwa oraz Xaviera Sala-i-Martina [1995], zwanego potocznie modelem BMX. Cechą wspólną modeli neoklasycznych jest to, że w długim okresie stopa wzrostu gospodarczego, jeżeli nie jest zerowa, to jest określana przez egzogenicznie dane tempo postępu technologicznego. Teorii neoklasycznej nie udało się jednak zendogenizować tempa postępu technologicznego, którego wyjaśnienie stało się głównym zadaniem nowej teorii wzrostu.

W drugim punkcie zostaną omówione podstawowe modele nowej teorii wzrostu. Najpierw będzie pokazany model Romera [1986], w którym postęp technologiczny jest produktem ubocznym akumulacji kapitału fizycznego. Model ten w dużej mierze opiera się jeszcze na założeniach ekonomii neoklasycznej i może być traktowany jako etap przejściowy między neoklasyczną a nową teorią wzrostu. Następnie zostaną przedstawione modele AK: Jonesa i Manuelliego [1990] oraz Rebelo [1991], w których wzrost gospodarczy w długim okresie został uzyskany poprzez rozluźnienie założeń dotyczących neoklasycznej funkcji produkcji. W dalszej kolejności zostanie omówiony dwusektorowy model Lucasa-Uzawy [Lucas 1988], w którym długookresowy wzrost gospodarczy jest powodowany akumulacją kapitału ludzkiego. Zaprezentowana też będzie teoria wzrostu opierająca się na innowacjach produktowych zapoczątkowana pracami Grossmana i Helpmana [1989, 1991] oraz Romera [1987, 1990].

1. Neoklasyczna teoria wzrostu

1.1. Model Solowa-Swana

Współczesna neoklasyczna teoria wzrostu za punkt wyjścia z reguły przyjmuje neoklasyczny model wzrostu autorstwa Solowa [1956] oraz Swana [1956]⁵. W modelu tym stosunek kapitału do pracy przy stałym poziomie technologii zbiega w długim okresie do pewnej stałej wartości. Podobnie zachowują się płace, wynagrodzenie kapitału, dochód oraz konsumpcja na głowę. Te długookresowe wartości zależą od parametrów modelu, w szczególności od egzogenicznie danej stopy oszczędności. Stopa wzrostu całkowitej produkcji w długim okresie jest równa tempu przyrostu ludności, natomiast długookresowa stopa wzrostu dochodu na głowę jest równa zero. By zrozumieć, dlaczego dochód na głowę nie może rosnąć w długim okresie w modelu neoklasycznym w warunkach braku postępu technologicznego, warto przyjrzeć się bliżej własnościom neoklasycznej funkcji produkcji⁶, którą możemy zapisać w postaci ogólnej w sposób następujący:

$$Y(t) = AF(K(t), L(t)),$$

gdzie:

Y – wielkość produkcji (zmienna endogeniczna),

A – poziom technologii (zmienna egzogeniczna),

L – zasób pracy (zmienna egzogeniczna),

K – zasób kapitału (zmienna endogeniczna).

Zakłada się, że pierwsze pochodne funkcji produkcji względem jej argumentów są dodatnie, natomiast drugie ujemne. Oznacza to, że wielkość produkcji rośnie wraz ze wzrostem nakładów danego czynnika produkcji, przy stałych nakładach pozostałych czynników, aczkolwiek w tempie malejącym. Dodatkowo przyjmuje się dwa warunki Inady [1963]:

$$\lim_{K \rightarrow 0} MPK = \infty \text{ (dolny warunek),}$$

$$\lim_{K \rightarrow \infty} MPK = 0 \text{ (górnny warunek).}$$

⁵ Neoklasyczna teoria wzrostu miała wielu prekursorów. Można do nich zaliczyć klasyczne teorie wzrostu autorstwa Adama Smitha [1776], Davida Ricardo [1817] czy Thomasa Malthusa [1798].

⁶ Często wykorzystywanym w literaturze przykładem neoklasycznej funkcji produkcji jest funkcja Cobb-Douglasa postaci: $Y(t) = A(t)K^\alpha(t)L^{1-\alpha}(t)$.

Dolny warunek oznacza, że przy zasobie kapitału dążącym do zera jego krańcowy produkt dąży do nieskończoności, natomiast warunek górny oznacza, że przy zasobie kapitału dążącym do nieskończoności jego krańcowy produkt dąży do zera. Pozwala to na zapewnienie istnienia w modelu w długim okresie stanu ustalonego przy niezerowej wielkości kapitału i produkcji. Powyższe warunki – a nie tylko sama własność malejącego krańcowego produktu kapitału, jak to się powszechnie uważa, która jest warunkiem koniecznym aczkolwiek niewystarczającym – są odpowiedzialne za brak wzrostu dochodu na głowę w długim okresie przy braku postępu technologicznego.

Ponadto zakłada się, że powyższa funkcja produkcji jest liniowo jednorodna, czyli że charakteryzuje się własnością stałych przychodów skali. Oznacza to, że jeżeli nakłady pracy i kapitału zostaną zwiększone z -krotnie przy niezmiennym poziomie technologii, to wielkość wytworzonej produkcji również wzrośnie z -krotnie

$$AF(zK, zL) = zAF(K, L) = zY.$$

Wykorzystanie własności stałych przychodów skali pozwala na zapisanie funkcji produkcji w postaci intensywnej, czyli w przeliczeniu na zatrudnionego. Zakładając istnienie egzogeniczne danego dodatniego tempa przyrostu liczby ludności (n) zachowanie modelu Solowa-Swana [Solow 1956] wygodnie jest analizować, korzystając właśnie z funkcji produkcji w postaci intensywnej

$$y(t) = Af(k(t)),$$

gdzie:

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

Wytworzona produkcja Y jest dzielona między konsumpcję C a inwestycje brutto $I = \dot{K} + \delta K$, gdzie \dot{K} to zmiana zasobu kapitału, czyli inwestycje netto, natomiast δK to wydatki na odtworzenie istniejącego zasobu kapitału ulegającego deprecjacji według stałej stopy δ . Zatem równanie akumulacji kapitału na zatrudnionego to⁷

$$\dot{k}(t) = [y(t) - c(t)] - (\delta + n)k(t).$$

⁷ W przeliczeniu na zatrudnionego wytworzony dochód równy sumie wydatków na konsumpcję i inwestycje można zapisać jako: $y(t) = c(t) + \dot{K}(t)/L(t) + \delta k(t)$. Natomiast z definicji kapitału na zatrudnionego otrzymujemy $\dot{k}(t) = \dot{K}(t)/L(t) - nk(t)$.

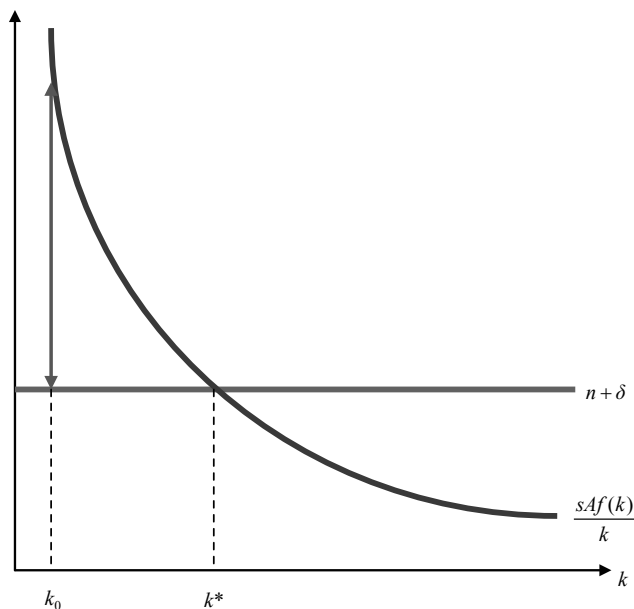
W gospodarce zamkniętej zakłada się, że inwestycje są równe oszczędnościom, a oszczędności stanowią stałą część dochodu s , zatem równanie akumulacji kapitału można zapisać jako

$$\dot{k}(t) = sAf(k(t)) - (\delta + n)k(t).$$

Dzieląc obydwie strony powyższego równania przez k , otrzymujemy stopę wzrostu kapitału na zatrudnionego⁸

$$\frac{\dot{k}(t)}{k(t)} = \frac{sAf(k(t))}{k(t)} - (\delta + n).$$

Równowagę długookresową w modelu Solowa-Swana [Solow 1965] przedstawiono graficznie na rysunku 1.



Rys. 1. Równowaga długookresowa w modelu Solowa-Swana

Z powyższego rysunku wynika, że w modelu jest jeden stabilny stan ustalony. W długim okresie przy braku postępu technologicznego stopa wzrostu wynosi zero. Zatem ani promowanie wyższej stopy oszczędności, ani polityka kontroli

⁸ Można zauważyć, że przy stałym poziomie technologii stopa wzrostu dochodu na głowę jest proporcjonalna do stopy wzrostu kapitału na zatrudnionego.

przyrostu ludności nie ma wpływu na stopę wzrostu w długim okresie. W celu rozwiązania tego problemu do modelu dodano egzogeniczny postęp technologiczny, czyli określany przez czynniki autonomiczne znajdujące się poza modelem⁹.

1.2. Model Ramseya-Cassa-Koopmansa

Alternatywą względem zakładania w modelu neoklasycznym stałości stopy oszczędności jest wprowadzenie do niego problemu międzyokresowej maksymalizacji użyteczności wiecznie żywych gospodarstw domowych, które optymalnie wyznaczają wielkości konsumpcji i oszczędności w każdym momencie. Podejście to zostało zastosowane przez Cassa [1965] oraz Koopmansa [1965], którzy dokonali połączenia problemu Ramseya [1928] z modelem Solowa-Swana [Solow 1956].

Problem międzyokresowej optymalizacji użyteczności, zwany problemem Ramseya [1928], w czasie ciągłym można zapisać w sposób następujący:

$$\max_{c(t), B(t)} U(0) = \int_0^{\infty} e^{-\rho t} [L(t)U(c(t))] dt$$

względem standardowego ograniczenia budżetowego (aktywami B)

$$\dot{B} = r(t)B(t) + w(t)L(t) - C(t).$$

Ograniczenie to oznacza, że zmiana wielkości aktywów w gospodarce jest równa sumie wynagrodzeń czynników produkcji pomniejszonej o wielkość konsumpcji. Zakładając, że podobnie jak w modelu Solowa-Swana [Solow 1956] mamy do czynienia z dodatnim tempem przyrostu ludności n , wygodniej wyrazić ograniczenie budżetowe w przeliczeniu na głowę. Ograniczenie budżetowe w postaci *per capita* można zapisać następująco:

$$\dot{b} = r(t)b(t) + w(t) - c(t) - b(t)n.$$

Dla uproszczenia liczbę ludności w momencie wyjściowym można znormalizować do jedności $L(0) = 1$.

Przykładową funkcją użyteczności często stosowaną w modelach wzrostu jest funkcja CRRA¹⁰:

⁹ Dekompozycja źródeł wzrostu zaproponowana przez Solowa [1957] stosowana w badaniach empirycznych prowadzonych dla wielu krajów pokazywała, że część wzrostu przypisywana postępowi technologicznemu była znacząca.

¹⁰ Powyższa funkcja użyteczności ma własność stałej relatywnej awersji do ryzyka (*constant relative risk aversion*). W ogólnym przypadku współczynnik relatywnej awersji do ryzyka jest de-

$$U(c(t)) = \frac{c(t)^{1-\theta} - 1}{1-\theta},$$

gdzie:

ρ – stopa dyskontowa (preferencji czasowej),

θ – skłonność do wygładzania ścieżki konsumpcji w czasie.

Pierwsza pochodna tej funkcji jest dodatnia, natomiast druga ujemna. Oznacza to, że użyteczność z konsumpcji rośnie, ale w tempie malejącym.

Rozwiązaniem problemu Ramseya [1928] dla funkcji CRRA jest optymalna stopa wzrostu konsumpcji postaci

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

Gdy rynkowa stopa procentowa jest równa prywatnej stopie dyskontowej, $r(t) = \rho$, mamy płaską ścieżkę konsumpcji. Natomiast gdy stopa procentowa jest wyższa niż stopa dyskontowa $r(t) > \rho$, gospodarstwa domowe są skłonne odejść od płaskiego wzorca konsumpcji na rzecz zwiększonej konsumpcji w przyszłości, ponieważ otrzymują rekompensatę w postaci wyższej stopy procentowej.

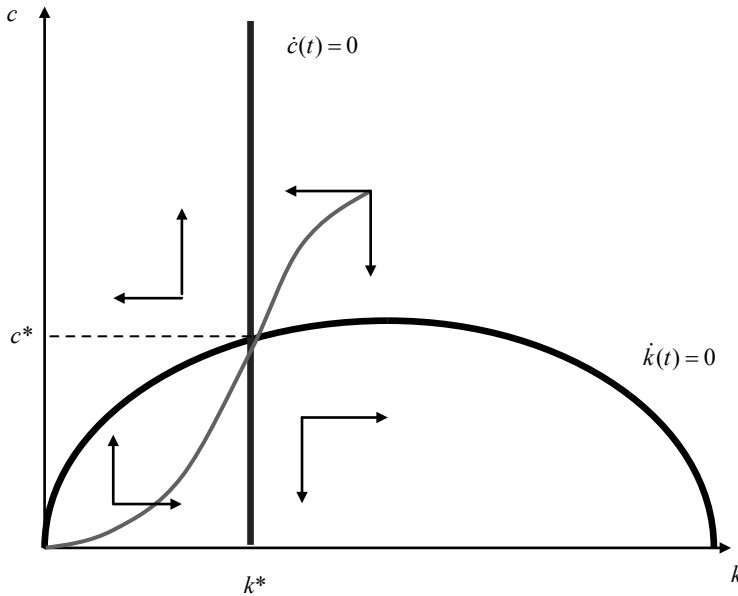
W gospodarce zamkniętej jedynym rodzajem aktywów jest kapitał, a więc $b = k$. Czynniki produkcji otrzymują wynagrodzenia równe ich produktom krańcowym netto, zatem ograniczenie budżetowe dla całej gospodarki możemy przekształcić w warunek akumulacji kapitału podobny do tego, z jakim mieliśmy do czynienia we wcześniejszym modelu Solowa-Swana [Solow 1956]. W rezultacie otrzymujemy następujący układ dwóch równań różniczkowych opisujący zachowanie gospodarki, w każdym momencie:

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

$$\frac{\dot{c}(t)}{c(t)} = \frac{1}{\theta}(Af'(k(t)) - \delta - \rho).$$

Dynamikę w modelu Ramseya-Cassa-Koopmansa [Cassa 1965] można zilustrować graficznie korzystając z diagramu fazowego, na którym zostały zamieszczone dwie separatrysy odpowiadające brakowi zmian wielkości konsumpcji oraz kapitału na głowę w przestrzeni (c, k) . Można pokazać, że w długim okresie przy braku postępu technologicznego konsumpcja, kapitał, a także dochód na głowę osiągną wartości stanu ustalonego.

finiowany jako $cu''(c)/u'(c)$. Natomiast w przypadku powyższej funkcji współczynnik ten wynosi θ , czyli jest stały i niezależny od wielkości konsumpcji.



Rys. 2. Równowaga długookresowa w modelu Ramseya-Cassa-Koopmansa

Rozszerzenie modelu Solowa-Swana [Solow 1956] zaproponowane przez Cassa [1965] i Koopmansa [1965] wprowadziło do neoklasycznego modelu wzrostu bogatszą dynamikę dochodzenia do stanu ustalonego, pozwalając na zmienność stopy oszczędności, przy zachowaniu hipotezy konwergencji warunkowej. Jednak własności funkcji produkcji pozostały takie same jak w modelu Solowa-Swana [Solow 1956], co sprawiło, że w długim okresie stopa wzrostu dochodu na głowę spadała do zera. W modelu Ramseya-Cassa-Koopmansa [Cassa 1965], podobnie jak wcześniej w modelu Solowa-Swana [Solow 1956], w celu rozwiązania tego problemu dodawano egzogeniczny postęp technologiczny. Dokonanie endogenizacji stopy oszczędności nie wyeliminowało więc w tym modelu zależności długookresowej stopy wzrostu dochodu na głowę od egzogenicznie danego tempa postępu technologicznego.

1.3. Model Mankiwa-Romera-Weila

W odpowiedzi na powstające na przełomie lat osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych XX wieku modele nowej teorii wzrostu pojawiły się też próby reanimacji neoklasycznego modelu wzrostu. Rozszerzenie modelu Solowa-Swana [Solow 1956] zostało zaproponowane również przez Mankiwa, Romera i Weila [1992], którzy zwrócili uwagę na nadmierną szybkość dochodzenia do stanu ustalonego przewidywaną przez oryginalny model Solowa-Swana [Solow 1956], która nie

była zgodna z wynikami przeprowadzonych przez nich badań empirycznych. Potencjalnym rozwiązaniem tego problemu było uzupełnienie neoklasycznej funkcji produkcji o dodatkowy czynnik produkcji – kapitał ludzki, dokonane przez Mankiwa, Romera i Weila [1992], a następnie również o inne rodzaje kapitału, takie jak infrastruktura transportowa czy telekomunikacyjna, przez wielu innych autorów.

W modelu Mankiwa, Romera i Weila [1992], podobnie jak we wcześniejszym modelu Solowa-Swana [Solow 1956], analiza koncentruje się na gospodarce zamkniętej. Neoklasyczną funkcję produkcji rozszerzoną o kapitał ludzki można zapisać następująco¹¹:

$$Y(t) = AF(K(t), H(t), L(t)).$$

Powyższa funkcja spełnia założenia nałożone na neoklasyczną funkcję produkcji i można ją zapisać w postaci intensywnej jako $y(t) = Af(k(t), h(t))$.

Ponadto w modelu zakłada się, że stopy oszczędności i inwestycji w kapitał fizyczny i ludzki (s_h, s_k) są stałe i dane egzogenicznie tak jak we wcześniejszym modelu Solowa-Swana [Solow 1956]. W tej sytuacji równania akumulacji dwóch rodzajów kapitału, opisujące dynamikę modelu, są następujące¹²:

$$\dot{k}(t) = s_k Af(k(t), h(t)) - (\delta + n)k(t),$$

$$\dot{h}(t) = s_h Af(k(t), h(t)) - (\delta + n)h(t).$$

Dla uproszczenia zakłada się stałość oraz równość stóp deprecjacji dla obydwu rodzajów kapitału.

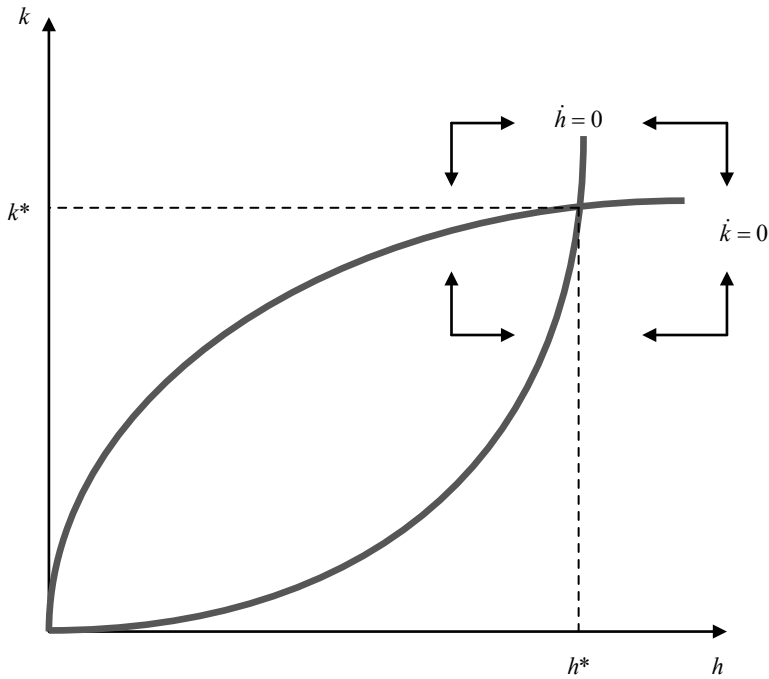
Dynamikę w modelu Mankiwa, Romera i Weila [1992], można również zilustrować, korzystając z diagramu fazowego, na którym zostały zamieszczone dwie separatorysy odpowiadające brakowi zmian wielkości kapitału fizycznego oraz kapitału ludzkiego na głowę w przestrzeni (k, h) . Można pokazać, że w długim okresie przy braku postępu technologicznego zarówno kapitał fizyczny, jak

¹¹ Dobrym przykładem neoklasycznej funkcji produkcji uzupełnionej o kapitał ludzki jest uogólniona funkcja Cobba-Douglasa postaci $Y(t) = A(t)K^\alpha(t)H^\eta(t)L^{1-\alpha-\eta}(t)$.

¹² Na pierwszy rzut oka układ równań różniczkowych opisujący dynamikę modelu MRW92 może przypominać układ opisujący dynamikę biologicznego modelu Lotki i Volterry. Jednak pomiędzy tymi modelami występują istotne różnice. W modelu MRW92 mamy do czynienia ze zbiegiem układu do stabilnej równowagi w postaci węzła. Natomiast w modelu Lotki-Volterry mamy do czynienia z oscylacjami wokół punktu stałego – stabilnego centrum w sensie Lapunova.

i kapitał ludzki, a w związku z tym również i dochód na głowę, osiągną wartości stanu ustalonego.

Równowaga długookresowa w modelu Mankiwa, Romera i Weila [1992], została przedstawiona graficznie na rysunku 3.



Rys. 3. Równowaga długookresowa w modelu Mankiwa-Romera-Weila

Można zauważyć, że gospodarka opisywana za pomocą modelu Mankiwa, Romera i Weila [1992], podobnie jak model Solowa-Swana [1956], ma jeden stabilny stan ustalony, w którym zasoby kapitału fizycznego oraz ludzkiego pozostają na stałym poziomie (k^* , h^*) w warunkach braku postępu technologicznego.

Włączenie kapitału ludzkiego do modelu neoklasycznego ograniczyło szybkość konwergencji do stanu ustalonego, nie rozwiązało to jednak problemu malejącego krańcowego produktu kapitału w długim okresie, a w rezultacie braku wzrostu dochodu na głowę w warunkach braku postępu technologicznego¹³.

¹³ Można zauważyć, że przy funkcjach produkcji typu Cobba-Douglasa oraz braku postępu technologicznego szybkość konwergencji w modelu Solowa-Swana [Solow 1956] spada z $(1 - \alpha)(n + \delta)$ do $(1 - \alpha - \beta)(n + \delta)$ w modelu Mankiwa-Romera-Weila [1992].

1.4. Model Barro-Mankiwa-Sala-i-Martina

W omówionym wcześniej modelu Mankiwa, Romera i Weila [1992] kluczową kwestią, która pozostała nierozwiązana, było to, w jaki sposób całkowite oszczędności w gospodarce są dzielone pomiędzy inwestycje w kapitał fizyczny i w kapitał ludzki. Barro, Mankiw i Sala-i-Martin [1995] dokonali endogenizacji stóp oszczędności w modelu Mankiwa, Romera i Weila [1992] poprzez dodanie do tego modelu problemu Ramseya [1928] międzyokresowej maksymalizacji użyteczności gospodarstw domowych, a następnie rozszerzyli analizę również na gospodarkę otwartą¹⁴.

W swoich rozważaniach wyszli oni z założenia, że gospodarstwa domowe będą inwestowały w to dobro kapitałowe, które charakteryzuje się wyższą stopą zwrotu, a więc stopy zwrotu z obydwu rodzajów kapitału muszą być sobie równe, jeżeli chcemy, aby wystąpiły obie formy inwestycji. W odróżnieniu od wcześniejszego modelu Mankiwa-Romera-Weila [1992], w którym w stanie ustalonym stosunek krańcowych produktów kapitału fizycznego i ludzkiego był stały, różny od jedności i zależny od egzogenicznie danych stóp oszczędności:

$$\frac{MPK}{MPH} = \frac{\alpha}{\beta} \cdot \frac{s_h}{s_k},$$

w modelu Barro, Mankiwa i Sala-i-Martina [1995] optymalizujący użyteczność konsumenci doprowadzają w stanie równowagi do zrównania się krańcowych produktów kapitału: $MPK = MPH$.

W odróżnieniu wersji modelu Ramseya-Cassa-Koopmansa [1965] dla gospodarki otwartej z pełną swobodą międzynarodowych przepływów kapitału w modelu Barro, Mankiwa i Sala-i-Martina [1995] pomiędzy krajami zakłada się tylko częściową mobilność kapitału¹⁵. Zakładają oni pełną swobodę przepływu kapitału fizycznego, natomiast kapitał ludzki musi być akumulowany ze źródeł wewnętrznych z powodu występowania ograniczenia kredytowego. Jednak założenia tego modelu zostały wkrótce uznane za nierealistyczne i zakwestionowane przez Duczynskiego [2000], który w swoich badaniach empirycznych wykazał, że ograniczenie to nie jest wiążące dla większości krajów oraz regionów. W celu

¹⁴ Problematyce wzrostu gospodarczego w warunkach gospodarki otwartej należałoby poświęcić odrębny artykuł. Z tego względu w niniejszej pracy problem ten zostanie jedynie zasygnalizowany.

¹⁵ Ograniczenie międzynarodowej swobody przepływu kapitału fizycznego analizowane było wcześniej przez Cohena i Sachsa [1986], bazując na modelu Ramseya-Cassa-Koopmansa [1965]. Wprowadzenie tego ograniczenia było konieczne w celu uzyskania szybkości konwergencji do stanu ustalonego mniejszej od nieskończoności, która cechuje model Ramseya-Cassa-Koopmansa [1965] z pełną międzynarodową swobodą przepływu kapitału.

uzyskania tempa konwergencji mniejszego od nieskończoności Duczynski [1999] zaproponował alternatywne podejście, które nawiązywało do teorii q kosztów instalacyjnych¹⁶.

Podobnie jak we wszystkich innych modelach neoklasycznych również w modelu Barro, Mankiwa i Sala-i-Martina [1995] postęp technologiczny jest określany poza modelem. Doskonale konkurencyjna struktura rynku i stałe przychody skali w funkcji produkcji sprawiają, że całość przychodów ze sprzedaży jest wypłacana w postaci wynagrodzeń czynników produkcji i w rezultacie nie ma z czego finansować działalności badawczo-rozwojowej. Podsumowując dotychczasowe rozważania, można stwierdzić, że neoklasycznej teorii wzrostu gospodarczego nie udało się dokonać endogenizacji kluczowego czynnika odpowiedzialnego za długookresowy wzrost gospodarczy – postępu technologicznego. O ile w przypadku krajów rozwijających się można twierdzić, że postęp technologiczny jest egzogeniczny, ponieważ jest importowany z zagranicy, o tyle w przypadku krajów rozwiniętych takie założenie jest raczej nie do przyjęcia.

Z powyższych względów neoklasyczna teoria wzrostu została uznana za mało satysfakcjonującą, jeśli chodzi o tłumaczenia zjawiska wzrostu gospodarczego w krajach rozwiniętych, co stało się impulsem do rozwoju nowej teorii wzrostu odchodzącej od założeń neoklasycznych. Przegląd różnych nurtów w nowej teorii wzrostu został zamieszczony w następnej części pracy.

2. Nowa teoria wzrostu

W dalszej części pracy zostaną przedstawione różne możliwe sposoby na uzyskanie wzrostu dochodu na głowę w długim okresie bez konieczności odwoływania się do egzogenicznie danego postępu technologicznego. Pierwszym możliwym sposobem na uzyskanie wzrostu w długim okresie jest założenie, że wzrost produktywności pracy jest produktem ubocznym akumulacji kapitału. Może być spowodowane efektem uczenia się przez praktykę, tak jak to jest w modelu Romera [1986]. Drugą możliwością jest rozluźnienie górnego warunku Inady, co sprawia, że krańcowy produkt kapitału w długim okresie nie maleje do zera. Tą drogą podążyły modele typu AK , takie jak model Jonesa i Manuelliego [1990] czy Rebelo [1991]. Trzecią możliwością jest włączenie do funkcji produkcji kapitału ludzkiego oprócz kapitału fizycznego, co przeciwdziała jego malejącej krańcowej produktywności, tak jak to jest w modelu Lucasa [1988]. Jednak w odróżnieniu od omówionych wcześniej modeli neoklasycznych z kapitałem ludzkim, w modelu tym kapitał ludzki jest wytwarzany za pomocą odrębnej funkcji pro-

¹⁶ Podobne podejście proponowali nieco wcześniej Kremer i Thomson [1998] w modelu, w którym kapitał ludzki młodych i starych pracowników są niedoskonałymi substytutami.

dukcji, której jedynym argumentem jest kapitał ludzki. Zatem akumulacja kapitału ludzkiego może być alternatywą w stosunku do postępu technologicznego jako mechanizmu prowadzącego do uzyskania wzrostu dochodu na głowę w długim okresie. Wreszcie ostatnim sposobem na uzyskanie wzrostu w długim okresie jest założenie, że poprawa technologii wynika z innowacji produktowych będących zamierzonym efektem działalności badawczo-rozwojowej. W tej części omówione są cztery typy modeli nowej teorii wzrostu.

2.1. Modele efektów zewnętrznych

We wczesnych modelach nowej teorii wzrostu, w szczególności w modelu Romera [1986], wzrost jest powodowany akumulacją wiedzy. Wytwarzanie nowej wiedzy charakteryzuje się malejącymi przychodami na poziomie firmy. Jednak tworzenie nowej wiedzy przez pojedynczą firmę może powodować pozytywne efekty zewnętrzne przenoszone na technologię produkcji innych firm. W modelu Romera [1986] jest zachowana większość założeń neoklasycznych, w szczególności założenie o konkurencji doskonałej, natomiast zmodyfikowana została neoklasyczna funkcja produkcji. Modyfikacja ta polegała na uwzględnieniu efektów zewnętrznych związanych z inwestycjami w kapitał fizyczny¹⁷.

Romer [1986] argumentuje, że inwestycje w kapitał fizyczny generują efekty uczenia się przez praktykę (*learning by doing*) oraz dyfuzję wiedzy (*knowledge spillovers*), w wyniku której technologia staje się dobrem publicznym. Model Romera [1986] opiera się na wcześniejszej pracy Sheshinsky'ego [1967], w którym wiedza jest produktem ubocznym procesu inwestowania (uczenie się przez inwestowanie)¹⁸. Im więcej firma i inwestuje, tym więcej się uczy. Możemy to zapisać w sposób następujący:

$$\dot{A}_i(t) = \Psi K_i(t).$$

Innymi słowy, całkując obustronnie powyższe równanie, możemy zauważyć, że poziom technologii w firmie i jest dodatnio związany z zasobem posiadanego przez nią kapitału fizycznego:

$$A_i(t) = \int \dot{A}_i(t) dt = \Psi K_i(t).$$

¹⁷ Ważną empiryczną implikacją tego modelu jest to, że inwestycje w kapitał fizyczny są wysoce skorelowane ze stopą wzrostu [DeLong i Summers 1991]. Niektórzy badacze argumentują jednak, że wysokie stopy inwestycji następują po okresach wysokiego wzrostu, a nie na odwrót [Blomstrom, Lipsy i Zejan 1996]

¹⁸ Alternatywą jest wcześniejsze podejście zaproponowane przez Arrowa [1962], w którym poprawa produktywności jest związana z wielkością wytwarzanej produkcji.

W modelu zakłada się ponadto, że wiedza nie jest w ogóle zawłaszczana, innymi słowy występuje pełna dyfuzja wiedzy

$$A_i(t) = A(t) = \Psi K(t).$$

Oznacza to, że wszystkie firmy dysponują taką samą technologią, a więc wiedza jest funkcją zasobu kapitału w całej gospodarce. Zmodyfikowaną funkcję produkcji typu Cobba-Douglasa dla firmy i w postaci ogólnej możemy zapisać następująco:

$$Y_i(t) = K_i(t)^\alpha [A_i(t)L_i(t)]^{1-\alpha} = K_i(t)^\alpha [\Psi K(t)L_i(t)]^{1-\alpha}.$$

Natomiast w postaci intensywnej

$$y_i(t) = k_i(t)^\alpha [\Psi K(t)]^{1-\alpha}.$$

W modelu zakłada się, że wszystkie firmy są jednorodne, a więc zasób kapitału na zatrudnionego w firmie i musi być równy średniemu zasobowi kapitału na zatrudnionego w całej gospodarce $k_i = k$, podobnie produkcja na zatrudnionego w firmie i musi być równa średniej produkcji na zatrudnionego w całej gospodarce $y_i = y$. Z warunków pierwszego rzędu maksymalizacji zysku reprezentatywnej firmy wynika, że wynagrodzenie kapitału musi być równe jego prywatnemu krańcowemu produktowi netto:

$$r(t) = MPK(t) - \delta = \alpha k_i(t)^{\alpha-1} [\Psi K(t)]^{1-\alpha} - \delta.$$

Pojedyncza firma nie bierze pod uwagę występowania efektu zewnętrznego związanego ze zwiększeniem zasobu wiedzy w wyniku zwiększenia zasobu kapitału, co przekłada się na jego większą produktywność. Stopę wzrostu w modelu Romera możemy otrzymać poprzez podstawienie za stopę procentową do rozwiązania standardowego problemu Ramseya¹⁹:

$$\frac{\dot{c}(t)}{c(t)} = \frac{1}{\theta} (\alpha (\Psi L)^{1-\alpha} - \delta - \rho).$$

Możemy zauważyć, że w modelu Romera [1986] mamy do czynienia z efektem skali (L), który jest często obecny w modelach nowej teorii wzrostu. Ozna-

¹⁹ Zakładamy, że nadal mamy do czynienia z wcześniej omówioną funkcją użyteczności.

cza to, że stopa wzrostu jest dodatnio zależna od liczby ludności w gospodarce²⁰.

W odróżnieniu od modeli neoklasycznych ważną implikacją tego modelu jest również to, że równowaga rynkowa nie jest optymalna, ponieważ efekty zewnętrzne związane z akumulacją wiedzy nie są brane pod uwagę przy podejmowaniu decyzji inwestycyjnych. Rozwiązanie planistyczne daje nam wyższą stopę wzrostu:

$$\frac{\dot{c}(t)}{c(t)} = \frac{1}{\theta} \left((\Psi L)^{1-\alpha} - \delta - \rho \right).$$

W modelach z efektami zewnętrznymi istnieje zatem miejsce dla interwencji rządowej. To powoduje konieczność interwencji rządowej w gospodarce w celu podniesienia stopy inwestycji, a w konsekwencji również i stopy wzrostu. W tym wypadku subsydiowanie inwestycji może prowadzić do podniesienia stopy wzrostu.

Podsumowując, Romer [1986] wykazał, że neoklasyczne ramy konkurencji doskonałej można wykorzystać do zendogenizowania stopy postępu technologicznego, w sytuacji gdy jest on modelowany jako efekt zewnętrzny procesu inwestowania, i uzyskania stałego tempa wzrostu w długim okresie. Głównym problemem tego typu modelu jest małorealistyczne założenie, że zmiana technologiczna jest produktem ubocznym innych rodzajów działalności, a nie wynikiem zamierzonych działań podmiotów gospodarczych. Z tego względu ramy te nie są zbyt przydatne do modelowania sytuacji, w której działalność innowacyjna firm jest zamierzonym procesem.

2.2. Modele AK

Najprostszym z możliwych odejściem od neoklasycznego modelu wzrostu w celu uzyskania dodatniej stopy wzrostu dochodu na zatrudnionego jest rozluźnienie górnego warunku Inady, przy zachowaniu pozostałych neoklasycznych założeń, takich jak stałe przychody skali czy konkurencja doskonała. Dzięki temu krańcowy produkt kapitału fizycznego nie spada do zera, gdy stosunek kapitału do pracy dąży do nieskończoności. Można to zilustrować za pomocą następującej funkcji produkcji:

$$Y(t) = AK(t) + BK(t)^\alpha L(t)^{1-\alpha}.$$

²⁰ Efekt ten nie znajduje jednak potwierdzenia w badaniach empirycznych o charakterze przekrojowym. Można jednak argumentować, że może być on jednak prawdziwy dla świata jako całości w perspektywie historycznej [Kremer 1993].

Możemy łatwo zauważyć, że powyższa funkcja produkcji ma stałe przychody skali:

$$zY = AzK + B(zK)^\alpha(zL)^{1-\alpha} = z[AK + BK^\alpha L^{1-\alpha}].$$

W przypadku tej funkcji produkcji warunki Inady możemy zapisać następująco:

$$\lim_{K \rightarrow 0} MPK = \infty \text{ (dolny),}$$

$$\lim_{K \rightarrow \infty} MPK = A \text{ (górny).}$$

Można łatwo zauważyć, że górny warunek Inady mówi nam, że w nieskończoności krańcowy produkt kapitału zamiast do zera, tak jak w modelu neoklasycznym, dąży do pewnej stałej wartości A .

Korzystając z własności stałych przychodów skali, powyższą funkcję produkcji można zapisać w postaci intensywnej

$$y(t) = Ak(t) + Bk^\alpha(t).$$

Zakładając stałość stopy oszczędności, funkcję produkcji w postaci intensywnej możemy podstawić do przekształconego równania akumulacji kapitału by otrzymać stopę wzrostu kapitału na zatrudnionego:

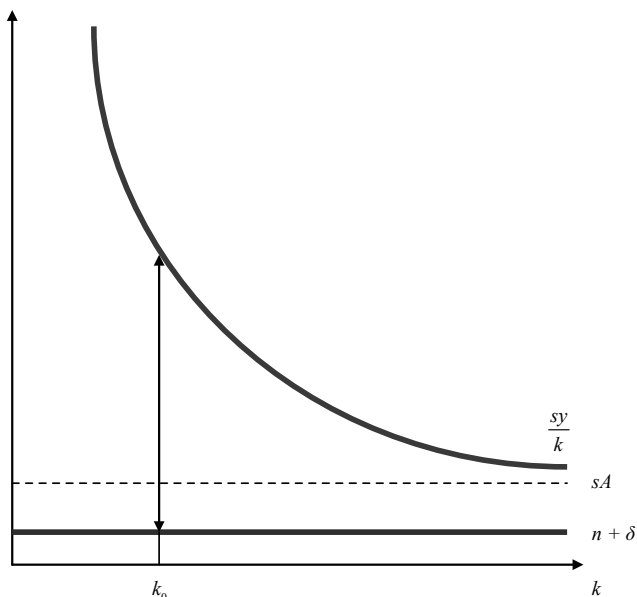
$$\frac{\dot{k}(t)}{k(t)} = s[A + Bk^{\alpha-1}(t)] - (\delta + n).$$

Równowagę długookresową w modelu Jonesa-Manuelli [1990] przedstawiono graficznie na rysunku 4.

Można zatem zauważyć, że model Jonesa i Manuellego [1990] przewiduje konwergencję do stanu ustalonego, podobnie jak neoklasyczny model Solowa-Swana [Solow 1956], ale w długim okresie tempo wzrostu jest dodatnie, nawet jeśli nie ma w nim postępu technologicznego i równe jest $sA - (n + \delta)$.

Szczególnym przypadkiem modelu Jonesa i Manuellego [1990], w którym $B = 0$, jest model Rebelo [1991]. W tej sytuacji funkcję produkcji możemy zapisać jako

$$Y(t) = AK(t).$$



Rys. 4. Równowaga długookresowa w modelu Jonesa-Manuellego

Funkcja ta, podobnie jak neoklasyczna funkcja produkcji, charakteryzuje się własnością stałych przychodów skali: $zY = AzK$. Przy tej funkcji żaden z dwóch warunków Inady nie jest spełniony:

$$\lim_{K \rightarrow 0} MPK = \infty \text{ (dolny),}$$

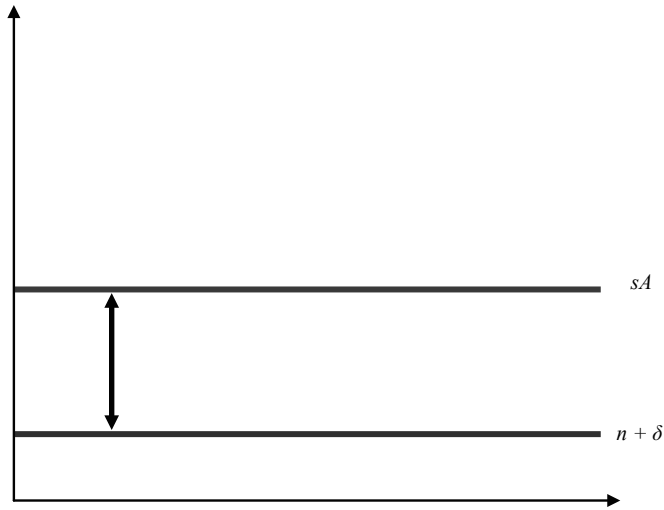
$$\lim_{K \rightarrow \infty} MPK = A \text{ (górnny).}$$

W postaci intensywnej funkcję produkcji można zapisać jako $y = Ak$. W tej sytuacji stopa wzrostu przy stałej stopie oszczędności wynosi

$$\frac{\dot{k}(t)}{k(t)} = sA - (\delta + n).$$

Stopę wzrostu można również zilustrować graficznie, korzystając z rysunku podobnego do rysunku użytego przy omówieniu modelu Solowa-Swana [Solow 1956].

W modelu Rebelo [1991] stopa wzrostu jest stała przez cały czas i równa jest długookresowej stopie wzrostu w model Jonesa i Manuellego [1990] przy braku postępu technologicznego: $sA - (n + \delta)$.



Rys. 5. Równowaga długookresowa w modelu AK

W celu zendogenizowania stopy oszczędności w modelu AK możemy skorzystać ze standardowego problemu Ramseya, do którego podstawiamy, korzystając z warunku braku arbitrażu, za stopę procentową stałą wartość krańcowego produktu kapitału netto $A - \delta$. W tej sytuacji stopę wzrostu możemy zapisać jako

$$\frac{\dot{c}(t)}{c(t)} = \frac{1}{\theta}(A - \delta - \rho).$$

2.3. Model Lucasa-Uzawy

Inną alternatywą dla neoklasycznego modelu wzrostu gospodarczego jest dwusektorowy model Lucasa-Uzawy [1988]. Lucas [1988] bazując na wcześniejszej pracy Uzawy [1965] stworzył model wzrostu, w którym kapitał ludzki jest wytwarzany przy użyciu tylko jednego czynnika produkcji – kapitału ludzkiego. Natomiast produkt finalny jest wytwarzany za pomocą zarówno kapitału ludzkiego, jak i kapitału fizycznego. Akumulacja kapitału ludzkiego wiąże się z tym, jak pracownicy dokonują alokacji swojego czasu pomiędzy bieżącą produkcją a akumulacją kapitału ludzkiego²¹.

W przeciwieństwie do omówionych wcześniej modeli MRW92 oraz BMX95, w modelu Lucasa-Uzawy [1988] kapitał ludzi nie powstaje z oszczędności, lecz

²¹ Lucas [1988] w swojej pracy rozpatruje również alternatywny mechanizm tworzenia kapitału ludzkiego. W alternatywnym modelu akumulacja kapitału ludzkiego związana jest z wysiłkiem poświęconym na produkcję nowych dóbr.

w wyniku procesu jego „produkcji” w sektorze edukacyjnym. Funkcję „produkcji” kapitału ludzkiego H można zapisać następująco:

$$\dot{H}(t) = B(1-u)H(t) - \delta H(t).$$

gdzie:

- B – stały parametr mierzący efektywność sektora edukacji,
- u – kapitał ludzki wykorzystywany w produkcji dobra finalnego,
- δ – stała stopa deprecjacji kapitału ludzkiego.

W przeliczeniu na zatrudnionego funkcja produkcji kapitału ludzkiego jest następująca:

$$\dot{h}(t) = B(1-u)h(t) - (\delta + n)h(t).$$

Funkcja produkcji w sektorze wytwarzającym produkcję finalną jest funkcją neoklasyczną, którą można zilustrować za pomocą standardowej dwuczynnikowej funkcji Cobba-Douglasa

$$Y(t) = AK^\alpha(t)(uH(t))^{1-\alpha}.$$

Korzystając z własności stałych przychodów skali, funkcję tę można zapisać w przeliczeniu na zatrudnionego jako

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

Model Lucasa-Uzawy [1988] ma dosyć skomplikowaną dynamikę przejścia. Z tego względu łatwiej się skoncentrować na długookresowej stopie wzrostu. Korzystając z problemu Ramseya z przykładową funkcją użyteczności można stwierdzić, że rozwiązaniem modelu jest stała w długim okresie stopa wzrostu równa

$$\frac{\dot{c}(t)}{c(t)} = \frac{1}{\theta}(B - \delta - \rho).$$

Rozwiązanie modelu Lucasa-Uzawy [1988], pod względem matematycznym, jest podobne do rozwiązania modelu AK. Jednak tym razem stopa wzrostu w długim okresie zależy od parametru B , czyli efektywności sektora szkolnictwa „wytwarzającego” kapitał ludzki²².

²² Jeżeli założymy, że również kapitał fizyczny jest do wytwarzania kapitału ludzkiego, to parametr A , określający efektywność produkcji w sektorze wytwarzającym produkt finalny, będzie miał również znaczenie przy określaniu długookresowej stopy wzrostu.

W przypadku modelu Lucasa-Uzawy [1988], podobnie jak w przypadku innych modeli szeroko rozumianego kapitału, pytaniem jest, w jakim stopniu jest prawdziwe w rzeczywistości twierdzenie mówiące, że przychody z kapitału nie są malejące²³. Ten fundamentalny problem jest jedną z przyczyn, dla czego uwaga późniejszych badaczy skoncentrowała się na endogenizacji postępu technologicznego i rozwoju modeli wzrostu opartych na innowacjach.

2.4. Modele innowacji (B+R)

Początkowe modele należące do nurtu nowej teorii wzrostu, takie jak wcześniej omówione prace Romera [1986], Lucasa [1988] czy Rebelo [1991], nie wprowadziły do teorii zmiany technologicznej. W modelach tych wzrost może trwać w nieskończoność, ponieważ przychody z szeroko rozumianego kapitału, włączając w to również kapitał ludzki, nie maleją wraz ze wzrostem gospodarczym. Dokonanie endogenizacji postępu technologicznego w tych modelach było jednak niemożliwe, ponieważ wymagało to radykalnego odejścia od założeń o konkurencji doskonałej oraz stałych przychodów skali.

Modele endogenicznego postępu technologicznego są więc najbardziej radykalną odpowiedzią nowej teorii wzrostu gospodarczego na ograniczenia podejścia neoklasycznego, zrywając z założeniem o konkurencji doskonałej, jak to było wcześniej w nowej teorii handlu zagranicznego. Teoria ta zakłada konkurencję niedoskonałą oraz wprowadza rosnące przychody do funkcji produkcji w celu określenia długookresowej stopy postępu technologicznego w obrębie modelu²⁴. Najważniejszą różnicą w stosunku do wczesnych modeli nowej teorii wzrostu jest niedoskonale konkurencyjna struktura rynkowa w niektórych sektorach gospodarki. W szczególności dotyczy to sektora B+R, który jest odpowiedzialny za endogeniczny postęp technologiczny.

W przeciwieństwie do wcześniejszych modeli wzrostu, w których postęp technologiczny albo jest dany egzogenicznie, albo jest też efektem ubocznym procesu

²³ Wiele badań empirycznych, włączając w to pionierską pracę Mankiwa, Romera i Weila [1992], pokazuje, że w rzeczywistości przychody z nawet szeroko rozumianego kapitału są malejące w długim okresie.

²⁴ Znaczenie rosnących przychodów podkreślone przez nową teorią wzrostu przywodzi na myśl starsze koncepcje teoretyczne pojawiające się we wczesnej teorii rozwoju gospodarczego (tzw. High Development Theory) z lat pięćdziesiątych XX wieku. W szczególności w pracach Myrdala [1957] oraz Hirschmana [1958], a także innych autorów podkreślano znaczenie sprzężonej przyczynowości oraz możliwości dywergencji zamiast konwergencji. Jednak te wcześniejsze prace nie były w pełni sformalizowanymi modelami matematycznymi i były znacznie bardziej opisowe niż współczesne teorie wzrostu endogenicznego. Według Romera [1993] oraz Krugmana [1995] dopiero osiągnięcia w dziedzinie modelowania niedoskonale konkurencyjnych struktur rynkowych umożliwiły formalizację części osiągnięć tej wcześniejszej teorii. Bardziej szczegółowe omówienie tego tematu: [Cieřlik 2005].

inwestowania, w modelach tych poprawa technologii jest powodowana celowym efektem działalności badawczo-rozwojowej inwestorów. Zwykle głównym bodźcem do podjęcia tego typu działalności jest możliwość zdobycia zysków monopolistycznych dzięki wynalezieniu nowego lub lepszego produktu. Przy podejmowaniu decyzji o zaangażowaniu się w działalność badawczo-rozwojową firmy dokonujące innowacji porównują koszt stały badań i rozwoju ze zdyskontowanym strumieniem zysków płynących z innowacji. W sektorze B+R dokonywanie innowacji wiąże się z kosztem stałym stworzenia nowej odmiany dobra, który może być później odzyskany dzięki strumieniowi zysków monopolistycznych płynących z dokonania innowacji. Istnienie stałego kosztu dokonania innowacji powoduje zaistnienie rosnących przychodów na poziomie firmy oraz konkurencji niedoskonałej.

Modele wzrostu oparte na innowacjach produktowych przyjmują dwa różne założenia co do charakteru innowacji produktowej. Pierwsza grupa modeli endogenicznego postępu technologicznego zakłada innowacje poziome (horyzontalne), co oznacza, że nowe dobra nie zastępują dóbr już istniejących, a rozszerzają gamę dostępnych produktów. Produkty te mogą być finalnymi dobrami konsumpcyjnymi tak jak to jest w modelach Grossmana i Helpmana [1989, 1990, 1991] lub też dobrami pośrednimi tak jak w modelach Romera [1987, 1990] oraz Barro i Sala-i-Martina [1997].

Druga grupa modeli zakłada innowacje pionowe (wertikalne), co oznacza że występuje poprawa jakości już istniejących dóbr. W modelach tych nowe odmiany dóbr zastępują odmiany już istniejące, a wzrost gospodarczy jest powodowany zjawiskiem kreatywnej destrukcji opisywanym w pracach Schumpetera [1934, 1942]. Koncepcja kreatywnej destrukcji Schumpetera znalazła wyraz w modelach Segerstroma [1991], Aghiona i Howitta [1992, 1998, 2009].

Ze względu na ograniczenie miejsca w sposób szczegółowy poniżej omówiony zostanie tylko model innowacji poziomych, który nawiązuje do pracy Barro i Sala-i-Martina [1997]²⁵. W modelu zakłada się następującą funkcję produkcji dobra finalnego Y :

$$Y(t) = A \sum_{i=1}^N x_i^\alpha(t) L^{1-\alpha}(t),$$

gdzie:

- $x_i(t)$ – wielkość nakładów i -tej odmiany zróżnicowanego dobra pośredniego,
- L – wielkość nakładów pracy.

²⁵ Pod względem struktury obydwa nurty są do siebie bardzo podobne. Należące do nich modele składają się z trzech sektorów: sektora B+R dokonującego innowacji, sektora wytwarzającego wynalezione już wcześniej produkty oraz sektora gospodarstw domowych.

W tej sytuacji problem optymalizacyjny producenta dobra finalnego można zapisać następująco:

$$\max_{x_i(t), L(t)} \int_0^{\infty} e^{-rt} \left[AL^{1-\alpha}(t) \sum_{i=1}^N x_i^{\alpha}(t) - w(t)L(t) - \sum_{i=1}^N p_i(t)x_i(t) \right] dt.$$

Rozwiązaniem powyższego problemu są warunki pierwszego rzędu, które wyznaczają popyt na pracę oraz poszczególne odmiany dobra zróżnicowanego:

$$A(1-\alpha)L^{-\alpha}(t) \sum_{i=1}^N x_i^{\alpha}(t) = w(t),$$

$$AL^{\alpha}(t)\alpha x_i^{\alpha-1}(t) = p_i(t).$$

W sektorze B+R firma dokonuje innowacji, jeśli jej obecna wartość strumienia zdyskontowanych zysków płynących z innowacji przewyższa koszt dokonania innowacji $PV(\Pi(t)) \geq$ koszty B+R. Dla uproszczenia zakładamy, że firma dokonująca innowacji otrzymuje nieskończenie długą ochronę patentową (wieczny patent). Po dokonaniu inwestycji firma wyznacza cenę monopolisty na nowe dobro.

Zakładając, że koszt krańcowy produkcji nowego dobra został znormalizowany do jedności, problem optymalizacyjny firmy działającej w sektorze B+R można zapisać następująco:

$$\max_{p_i(t)} \int_t^{\infty} e^{-r(s-t)} (p_i(s) - 1)x_i(s) ds.$$

Rozwiązaniem powyższego problemu jest optymalna strategia cenowa innowatora. Okazuje się, że cena jest taka sama dla wszystkich odmian dobra zróżnicowanego w każdym z okresów i równa narzutowi na koszt krańcowy, zależny od stałej elastyczności substytucji pomiędzy poszczególnymi odmianami: $p_i(t) = p = 1/\alpha$. Podstawiając optymalną cenę do funkcji popytu, otrzymujemy wielkość produkcji każdej odmiany w stanie równowagi

$$x_i(t) = x^* = A^{1/(1-\alpha)} L \alpha^{2/(1-\alpha)}.$$

Znając cenę oraz wielkość produkcji, możemy wyznaczyć wartość innowacji równą zdyskontowanemu strumieniowi zysków od momentu dokonania innowacji t

$$V(t) = \int_t^{\infty} e^{-r(s-t)} \Pi ds.$$

Dla uproszczenia zakłada się stały koszt innowacji η , który jest wyrażony w kategoriach dobra finalnego²⁶. Ponadto zakłada się swobodę wejścia firm do sektora innowacji. Innymi słowy, oznacza to, że firmom opłaca się wchodzić do sektora B+R aż do momentu, w którym następuje zrównanie się wartości firmy z kosztem dokonania innowacji:

$$V(t) = \eta.$$

Z warunku braku arbitrażu wynika zrównanie się stóp zwrotu z innowacji oraz rynku finansowego

$$\frac{\dot{V}(t) + \Pi(t)}{V(t)} = r(t).$$

Jednak z założenia o stałości kosztu innowacji η wynika, że zmiana wartości firmy w czasie jest równa zeru: $\dot{V}(t) = \dot{\eta} = 0$. Zatem z warunku swobodnego wejścia wynika, że stopa procentowa musi być stała i równa

$$\frac{\Pi}{\eta} = r(t).$$

Korzystając z problemu Ramseya [1928], możemy wyznaczyć stopę wzrostu podstawiając uzyskaną wcześniej wartość za stopę procentową

$$\frac{\dot{c}(t)}{c(t)} = \frac{1}{\theta} \cdot \frac{A^{1/(1-\alpha)} L \alpha^{2/(1-\alpha)} \frac{1-\alpha}{\alpha}}{\eta - \rho}.$$

Możemy zauważyć, że wysokość kosztu innowacji determinuje długookresową stopę wzrostu. Zatem model ten nie przewiduje konwergencji. Kraje, w których dokonywanie innowacji jest tańsze, powinny się charakteryzować wyższymi stopami wzrostu. Ponadto można zauważyć, że w modelu innowacji mamy do czynienia z efektem skali (L), podobnie jak we wcześniejszym modelu Romera [1986] co oznacza, że stopa wzrostu jest dodatnio zależna od liczby ludności w gospodarce.

²⁶ Alternatywnie można zakładać, że: $\eta'(N) < 0$, co oznacza, że koszty innowacji maleją wraz ze wzrostem liczby dostępnych odmian, lub też $\eta'(N) > 0$, co oznacza, że koszty innowacji rosną wraz ze wzrostem liczby dostępnych odmian. W pierwszym przypadku stopa wzrostu rośnie wraz ze wzrostem liczby odmian, natomiast w drugim dąży do zera w długim okresie.

W tym modelu mamy równieř do czynienia z sytuacj, w kt3rej rozwiązanie rynkowe nie jest tořsane z rozwiązaniem planistycznym, kt3re daje wyřsz stop wzrostu

$$\frac{\dot{c}(t)}{c(t)} = \frac{1}{\theta} \cdot \frac{A^{1/(1-\alpha)} L \alpha^{1/(1-\alpha)} \frac{1-\alpha}{\alpha}}{\eta - \rho}.$$

W tym wypadku r33nica w stopach wzrostu wynika jednak nie z istnienia efektu zewnrznego, jak to było w modelu Romera [1986], ale ze zniekształcenia rynku spowodowanego monopolistycznym zachowaniem się innowator3w. Zniekształcenie to zaniża stop wzrostu w sytuacji zdecentralizowanej, poniewař nabywcy odmian dobra zr33nicowanego kupuj go zbyt mało. Jest zatem miejsce na interwencj rzadow poprzez subsydiowanie finalnego uřytkownika dobra dostarczanej przez monopolist.

Podsumowanie

Celem niniejszego artykułu było pokazanie osignic teorii wzrostu gospodarczego w endogenizacji poszczeg3lnych czynnik3w mogących miec wpływ na stopę wzrostu w długim okresie. Postęp w dziedzinie teorii wzrostu, podobnie jak w innych dziedzinach ekonomii, dokonuje się poprzez wyjařnianie tych aspekt3w rzeczywistości, kt3rych wczeřniej nie udawało się wyjařnic. Innymi słowami, zmienne, kt3re w modelach wzrostu były traktowane wczeřniej jako egzogeniczne, a wiec okreřlane poza modelem, zostają zendogenizowane, czyli ich wartościi stają się okreřlane w obrebie modelu.

Postęp w neoklasycznej teorii wzrostu gospodarczego dokona si dzieki włączeniu do niej teorii inwestycji, co pozwoliło na zendogenizowanie zmian zasob3w kapitału, oraz wprowadzeniu międzyokresowej optymalizacji uřytecznościi gospodarstw domowych, co umořliwio endogenizację stopy oszczdnościi. Jednak teorii neoklasycznej nie udało się zendogenizowac tempa postępu technologicznego – kluczowej zmiennej odpowiedzialnej za wzrost gospodarczy w długim okresie, kt3rego wyjařnienie stało się gownym zadaniem nowej teorii wzrostu.

Modele nowej teorii wzrostu umořliwiy powr3t teorii wzrostu do gownego nurtu badan makroekonomicznych i dostarczyły istotnego bodźca do rozwoju zar3wno teorii, jak i badan empirycznych. Nowa teoria wzrostu gospodarczego zaproponowała kilka sposob3w na uzyskanie wzrostu dochodu na gow w długim okresie bez koniecznościi odwoowywania się do egzogenicznie danego postępu technologicznego.

Pierwszym z mořliwych sposob3w na uzyskanie wzrostu dochodu w długim okresie było założenie, że wzrost produktywnościi pracy jest produktem ubocz-

nym akumulacji kapitału. Drugą możliwością było rozluźnienie górnego warunku Indy, co sprawiło, że krańcowy produkt kapitału w długim okresie nie malał do zera. Kolejną możliwością było włączenie do funkcji produkcji, oprócz kapitału fizycznego, również kapitału ludzkiego, co przeciwdziało spadkowi krańcowej produktywności kapitału fizycznego wraz z jego akumulacją. Jednak zdecydowanie najbardziej satysfakcjonującym sposobem na uzyskanie wzrostu w długim okresie było przyjęcie założenia, że poprawa technologii wynika z zamierzonej działalności badawczo-rozwojowej.

Podsumowując, można stwierdzić, że z jednej strony nie wszystkie nowe teorie wzrostu są endogeniczne, jeśli chodzi o endogenizację postępu technologicznego, a z drugiej strony endogenizacja nie dotyczy jedynie nowych teorii wzrostu, ponieważ pewne jej elementy można było znaleźć już we wczesnych teoriach neoklasycznych.

Bibliografia

- Acemoglu, D., 2009, *Introduction to Modern Economic Growth*, Princeton University Press, Princeton.
- Aghion, P., Howitt, P., 1992, *A model of growth through creative destruction*, *Econometrica* vol. 60.
- Aghion, P., Howitt, P., 1998, *Endogenous Growth Theory*, MIT Press, Cambridge M.A.
- Aghion, P., Howitt, P., 2009, *The Economics of Growth*, MIT Press, Cambridge M.A.
- Arrow, K.J., 1962, *The economic implications of learning by doing*, *Review of Economic Studies* vol. 39.
- Barro, R.J., Sala-i-Martin, X., 1997, *Technological diffusion, convergence and growth*, *Journal of Economic Growth* vol. 2.
- Barro, R.J., Sala-i-Martin, X., 2004, *Economic Growth*, 2nd ed., MIT Press, Cambridge M.A.
- Barro, R.J., Mankiw, N.G., Sala-i-Martin, X., 1995, *Capital mobility in neoclassical models of growth*, *American Economic Review* vol. 85.
- Baumol, W., 1986, *Productivity growth, convergence and welfare: What the long-run data show*, *American Economic Review* vol. 76.
- Blomstrom, M., Lipsey, R., Zejan, M., 1996, *Is fixed investment the key to economic growth?* *Quarterly Journal of Economics* vol. 111.
- Cass, D., 1965, *Optimum growth in an aggregative model of capital accumulation*, *Review of Economic Studies* vol. 32.
- Cieślak, A., 2000, *Nowa teoria handlu zagranicznego w świetle badań empirycznych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Cieślak, A., 2005, *Geografia inwestycji zagranicznych: Przyczyny i skutki lokalizacji spółek z udziałem kapitału zagranicznego*, Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa.

- Cohen D., Sachs J.D., 1986, *Growth and external debt under risk of debt repudiation*, European Economic Review 30, 1138–1154.
- DeLong, B., Summers, L., 1991, *Equipment investment and economic growth*, Quarterly Journal of Economics vol. 106.
- Dixit, A.K., Norman, V., 1980, *Theory of International Trade: A Dual General Equilibrium Approach*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Domar, E., 1946, *Capital expansion, rate of growth and employment*, Econometrica vol. 14.
- Duczynski, P., 1999, *Adjustment Costs in a Two-capital Growth Model*, CERGE-EI Charles University Working Paper, Prague.
- Duczynski, P., 2000, *Capital mobility in neoclassical models of growth: Comment*, American Economic Review vol. 90.
- Grossman, G., Helpman, E., 1989, *Product development and international trade*, Journal of Political Economy vol. 97.
- Grossman, G.M., Helpman, E., 1990, *Comparative advantage and long-run growth*, American Economic Review vol. 80.
- Grossman, G., Helpman, E., 1991, *Innovation and Growth in the Global Economy*, MIT Press, Cambridge M.A.
- Growiec, J., 2009, *Wzrost gospodarczy i postęę technologiczny*, w: W. Pacho (red.), *Szki-ce z dynamiki i stabilizacji gospodarki*, Oficyna Wydawnicza Szkoły Główniej Handlowej w Warszawie, Warszawa.
- Hammond, P.J., Rodriguez-Clare, A., 1993, *On endogenizing long-run growth*, w: T.M. Andersen, K.O. Moene (red.), *Endogenous Growth*, Blackwell, Oxford.
- Harrod, R.F., 1939, *An essay in dynamic theory*, Economic Journal vol. 49.
- Helpman, E., 1981, *International trade in the presence of product differentiation, economies of scale and monopolistic competition: A Chamberlin-Heckscher-Ohlin approach*, Journal of International Economics vol. 11.
- Helpman, E., 1992, *Endogenous macroeconomic growth theory*, European Economic Review vol. 36.
- Hirschman, A., 1958, *The Strategy of Economic Development*, Yale University Press, New Haven CT.
- Inada, K., 1963, *On a two-sector model of economic growth: Comments and generalization*, Review of Economic Studies vol. 30.
- Jones, L., Manuelli, R., 1990, *A convex model of equilibrium growth: Theory and political implications*, Journal of Political Economy vol. 98.
- Koopmans, T., 1965, *On the concept of optimal economic growth*, w: *The Econometric Approach to Development Planning*, North-Holland, Amsterdam.
- Kremer, M., 1993, *Population growth and technological change: One million B.C. to 1990*, Quarterly Journal of Economics vol. 108.
- Kremer, M., Thomson, J., 1998, *Why isn't convergence instantaneous? Young workers, old workers and gradual adjustment*, Journal of Economic Growth vol. 3.
- Krugman, P., 1979, *Increasing returns, monopolistic competition and international trade*, Journal of International Economics vol. 9.
- Krugman, P., 1980, *Scale economies, product differentiation and the pattern of trade*, American Economic Review vol. 70.

- Krugman, P., 1981, *Intra-industry specialization and the gains from trade*, Journal of Political Economy vol. 89.
- Krugman, P., 1995, *Development, Geography and Economic Theory*, MIT Press, Cambridge M.A.
- Lucas, R.E., 1988, *On the mechanics of economic development*, Journal of Monetary Economics vol. 22.
- Malthus T., 1798, *An Essay on the Principle of Population*, J. Johnson, London.
- Mankiw, N.G., Romer, D., Weil, D.N., 1992, *A contribution to the empirics of economic growth*, Quarterly Journal of Economics vol. 107.
- Martin, R., Sunley, P., 1998, *Slow convergence? The new endogenous growth theory and regional development*, Economic Geography vol. 74.
- Myrdal, G., 1957, *Economic Theory and Underdeveloped Regions*, G. Duckworth, London.
- Pońsko, P., 2000, *Optymalizacja dynamiczna wzrostu gospodarczego*, Dom Wydawniczy Elipsa, Warszawa.
- Ramsey, F., 1928, *A mathematical theory of saving*, Economic Journal vol. 38.
- Rebelo, S., 1991, *Long-run policy analysis and long-run growth*, Journal of Political Economy vol. 99.
- Ricardo, D., 1817, *On the Principles of Political Economy and Taxation*, Cambridge University Press, Cambridge 1951.
- Romer, P.M., 1986, *Increasing returns and long-run growth*, Journal of Political Economy vol. 94.
- Romer, P.M., 1987, *Growth based on increasing returns due to specialization*, American Economic Review vol. 77.
- Romer, P.M., 1990, *Endogenous technological change*, Journal of Political Economy vol. 98.
- Romer, P.M., 1993, *Idea gaps and object gaps in economic development*, Journal of Monetary Economics vol. 32.
- Ruttan, V.N., 1998, *The new growth theory and development economics: A survey*, Journal of Development Studies vol. 35.
- Rzońca, A., 2002, *Model nabywania wiedzy przez praktykę jako przykład nowej teorii wzrostu*, Bank i Kredyt.
- Schumpeter J.A., 1934, *The Theory of Economic Development*, Harvard University Press, Cambridge M.A.
- Schumpeter J.A., 1942, *Capitalism, Socialism and Democracy*, Harper, New York.
- Segerstrom P.S., 1991, *Innovation, imitation and economic growth*, Journal of Political Economy vol. 99.
- Sheshinsky, E., 1967, *Optimal accumulation with learning by doing*, w: K. Shell (red.), *Essays on the Theory of Optimal Economic Growth*, MIT Press, Cambridge M.A.
- Smith, A., 1776, *An Inquiry Into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*, Random House, New York 1939.
- Solow, R.M., 1956, *A contribution to the theory of economic growth*, Quarterly Journal of Economics vol. 70.
- Solow, R.M., 1957, *Technical change and the aggregate production function*, Review of Economics and Statistics vol. 39.

- Swan, T., 1956, *Economic growth and capital accumulation*, Economic Record vol. 32.
Tobin, J., 1955, *A dynamic aggregative model*, Journal of Political Economy vol. 53.
Uzawa, H., 1965, *Optimal technical change in an aggregative model of economic growth*, International Economic Review vol. 6.

ENDOGENIZATION OF ECONOMIC GROWTH THEORY

Summary: Progress in the theory of economic growth, like in other fields of economics, takes the form of explaining what was previously inexplicable. In other words, variables that previously were treated as exogenous, and explained outside the model, become endogenized which means that their behavior is determined within the model. Progress in the neoclassical growth theory came from adding a theory of investment, which determined endogenously changes in stocks of physical and human capital, as well as the intertemporal utility maximization problem which allowed for endogenization of the saving rate. However, the neoclassical growth theory was unable to endogenize the key variable responsible for the long-term growth – the rate of technological progress. Endogenization of this variable became the main task of the new growth theory. The main goal of this article was to show the contribution of both neoclassical and new growth theories in endogenizing particular factors that may affect the rate of growth.