

Beata Ciałowicz

Sfera popytowa w ewolucji innowacyjnej

Ujęcie
aksjomatyczne



Wydawnictwo
Uniwersytetu Ekonomicznego
w Krakowie

**Sfera
popytowa
w ewolucji
innowacyjnej
Ujęcie
aksjomatyczne**

Beata Ciałowicz

**Sfera
popytowa
w ewolucji
innowacyjnej
Ujęcie
aksjomatyczne**

**Wydawnictwo
Uniwersytetu Ekonomicznego
w Krakowie**

Kraków 2018

Recenzent

Emil Panek

Redaktor naukowy

Barbara Pawełek

Projekt okładki

Marcin Sokołowski

Redaktor Wydawnictwa

Monika Rusin

Publikacja została sfinansowana ze środków Narodowego Centrum Nauki
przyznanych na podstawie decyzji nr UMO-2014/13/B/HS4/00552

© Copyright by Beata Ciałowicz & Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie,
Kraków 2018

ISBN 978-83-7252-763-9

Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie
31-510 Kraków, ul. Rakowicka 27

Zakład Poligraficzny Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie
31-510 Kraków, ul. Rakowicka 27

Wydanie pierwsze
Objętość 7,6 ark. wyd.
Zam. 272/2018

Spis treści

Wstęp	7
1. Wprowadzenie w problematykę formalnego ujęcia neoschumpeterowskiej teorii popytu	11
1.1. Uwagi ogólne	11
1.2. Pojęcia innowacji oraz innowacyjności w teorii ekonomii	13
1.3. Rodzaje innowacji oraz wskaźniki innowacyjności	18
1.4. Ruch okrężny i rozwój gospodarczy w ujęciu J.A. Schumpetera	21
1.5. Rola sfery popytowej w innowacyjnym rozwoju gospodarczym	25
1.6. Metoda aksjomatyczna w ekonomii	28
2. Model ekonomii Debreu oraz jego modyfikacje i rozszerzenia	32
2.1. Model ekonomii Debreu z własnością prywatną i z pieniądzem	32
2.1.1. Uwagi wstępne	32
2.1.2. System produkcji	32
2.1.3. System konsumpcji	34
2.1.4. Ekonomia Debreu z własnością prywatną	36
2.1.5. System finansowy	36
2.1.6. Ekonomia Debreu z pieniądzem	38
2.2. Model ekonomii z podażowymi relacjami preferencji	40
2.3. Aksjomatyzacja zmian kumulatywnych oraz innowacyjnych	42
2.4. Zmiany imitujące w sferze produkcji	50
3. Innowacyjność konsumentów	57
3.1. Charakterystyka innowacyjnych planów produkcji i konsumpcji	57
3.2. Proinnowacyjne relacje preferencji dotyczące towarów innowacyjnych	61
3.3. Proinnowacyjne preferencje podażowe	63
4. Rozwój innowacyjny oraz proces dyfuzji innowacji	65
4.1. Rozwój innowacyjny w ujęciu dynamicznym	65
4.2. Proces dyfuzji innowacji	68

5. Innowacje jako determinanty zmian w sferze popytowej	75
5.1. Wpływ zmian innowacyjnych na zachowanie kumulatywne konsumentów	75
5.2. Wpływ zmian innowacyjnych na rynek pracy	78
6. Wpływ konsumentów na zmiany innowacyjne	86
6.1. Wpływ proinnowacyjnych podaźowych relacji preferencji na rozwój innowacyjny	86
6.2. Rola oszczędności oraz kredytu konsumpcyjnego w procesie dyfuzji innowacji	91
6.3. Wpływ sfery popytowej na intensywność zmian innowacyjnych	96
Zakończenie	100
Wykaz symboli	102
Literatura	106

Wstęp

Niniejsza monografia jest podsumowaniem projektu naukowego NCN nr UMO-2014/13/B/HS4/00552 realizowanego w latach 2015–2017 nt. „Sfera konsumpcji jako jedna z sił napędowych zmian innowacyjnych w schumpeterowskiej ekonomii ewolucyjnej – ujęcie aksjomatyczne”. Część wyników została opublikowana już wcześniej w postaci artykułów w czasopismach lub materiałach konferencyjnych, a prezentowana praca jest próbą całościowego przedstawienia danego problemu badawczego.

Zasadniczym celem projektu była wieloaspektowa analiza roli sfery popytowej w rozwoju innowacyjnym, w szczególności wykazanie, że odpowiednio ukierunkowane rozwinięcie aparatu pojęciowego teorii równowagi ogólnej Arrowa-Debreu pozwala na uwzględnienie aktywnej roli konsumentów jako innowatorów. W trakcie jego realizacji podjęto próbę określenia współzależności pomiędzy zmianami innowacyjnymi w całej gospodarce a działalnością konsumentów w procesie innowacyjnego rozwoju gospodarczego. Praca ma charakter poznawczy, należy do ekonomii teoretycznej i reprezentuje podejście ewolucyjne w ekonomii.

Głównemu celowi rozprawy podporządkowano wiele celów szczegółowych, obejmujących:

- modyfikację formalnego modelu ekonomii Debreu z własnością prywatną i pieniądzem przez wyróżnienie towarów innowacyjnych wśród wszystkich dóbr oraz wprowadzenie specyficznej struktury w zbiorze konsumentów, co było związane z wyróżnieniem tych, których zachowanie jest proinnowacyjne,
- aksjomatyzację pojęcia innowacyjności konsumentów,
- analizę zjawiska innowacji jako determinant zmian w sferze konsumpcji, dotyczących m.in. zachowania kumulatywnego konsumentów oraz rynku pracy,
- rozwinięcie i pogłębienie wcześniejszych badań dotyczących wpływu sfery popytowej na rozwój innowacyjny przez podażowe relacje preferencji oraz kredyt konsumencki,
- analizę wzajemnego oddziaływania sfery produkcji i konsumpcji w procesie dyfuzji innowacji opartym na imitacjach.

W pracy podjęto próbę formalnego ujęcia zależności pomiędzy aktywnością innowacyjną producentów a zjawiskiem konsumpcjonizmu, nierozzerwalnie związanym ze sferą popytową, w stosownie zmodyfikowanym systemie dedukcyjnym Arrowa-Debreu, którego konstrukcji i analizie poświęcona jest monografia. Są to związki dwojakiego rodzaju: z jednej strony zmiany innowacyjne w sferze produkcji wpływają na sytuację konsumentów, a z drugiej strony konsumenci jako udziałowcy firm mają wpływ na wybór optymalnych planów produkcji, czyli mogą zadecydować o realizacji innowacyjnych planów produkcji. Jednocześnie jednym z ważnych elementów charakteryzujących konsumentów jest ich innowacyjność, odzwierciedlona w indywidualnych relacjach preferencji. Preferencje te mogą mieć wpływ na dwa aspekty funkcjonowania sfery popytowej. Po pierwsze, innowacyjność konsumentów widoczna jest w ich podejściu do towarów innowacyjnych dostępnych na rynku. Po drugie, konsumenci będący udziałowcami w firmach mają wpływ na wybór oraz realizację planów produkcji opartych na innowacjach.

W tym kontekście w prezentowanej monografii zaproponowane zostało nowe aksjomatyczne ujęcie badanego problemu, wykorzystujące formalny model systemu ekonomicznego, w którym strona popytowa jest aktywnym uczestnikiem procesu innowacyjnego rozwoju gospodarczego.

Praca eksponuje dwa aspekty badań, tj. teoretyczno-opisowy i metodyczny. Studia teoretyczne pozwoliły na aksjomatyczny opis ogólnych prawidłowości występujących w rozwoju innowacyjnym. W podjętych badaniach przedstawiono próbę systematyki zmian innowacyjnych z aktywnym udziałem sfery popytowej. Studium metodycznym, obejmującym przegląd najważniejszych teorii dotyczących pojęcia innowacji oraz roli konsumentów w procesie rozwoju gospodarczego, towarzyszy analiza porównawcza wymienionych teorii. Cechą charakterystyczną podjętych badań jest ujęcie teoretyczne. Pozwala ono na przedstawienie otrzymanych wyników w postaci twierdzeń matematycznych interpretowanych w języku ekonomicznym, których dowody oparte są na formalnej dedukcji.

Rezultaty badań przedstawione w monografii ujęte zostały w statycznej lub dynamicznej wersji w zależności od rozważanego zagadnienia, w aparacie pojęciowym nowoczesnej teorii równowagi ogólnej Arrowa-Debreu, zgodnie z wcześniejszym modelowaniem ewolucji schumpeterowskiej oraz z wykorzystaniem matematycznej teorii układów półdynamicznych.

Realizacji założonego celu została podporządkowana konstrukcja monografii. Praca składa się z sześciu rozdziałów.

W rozdziale pierwszym zaprezentowano podstawy neoschumpeterowskiej teorii popytu. Przedstawiono w nim przegląd najważniejszych definicji pojęcia innowacji oraz innowacyjności w teorii ekonomii, wskazując na podobieństwa i różnice w definiowaniu tych pojęć. W dalszej części rozdziału omówione zostały

główne elementy teorii rozwoju gospodarczego J. Schumpetera ze szczególnym uwzględnieniem roli sfery popytowej w procesie rozwoju gospodarczego. Zaprezentowana została również metoda aksjomatyczna jako podstawowa metoda badania danego problemu ekonomicznego.

Rozdział drugi prezentuje konstrukcję zmodyfikowanego modelu ekonomii Debreu z własnością prywatną i pieniądzem, w którym wprowadza się podażową relację preferencji, a w przestrzeni towarów zostają wyszczególnione towary innowacyjne. Ponadto w rozdziale tym przeprowadzona została aksjomatyzacja zmian kumulatywnych, innowacyjnych oraz imitujących, co pozwoliło na wyróżnienie innowatorów oraz imitatorów w zbiorze producentów.

Rozdział trzeci zawiera charakterystykę zmian innowacyjnych w sferze popytowej, co stało się podstawą analizy proinnowacyjnych relacji preferencji zarówno względem towarów innowacyjnych, jak i względem innowacyjnych planów produkcji. W szczególności rozważa się tutaj dwa rodzaje innowacyjności konsumentów: jako współwłaścicieli firm decydujących o realizacji innowacyjnych planów produkcji oraz jako uczestników rynku otwartych na innowacje produktowe.

Rozdział czwarty poświęcono analizie rozwoju innowacyjnego oraz procesu dyfuzji innowacji. Wykorzystano pojęcie quasi-półdynamicznego systemu w przestrzeni systemów ekonomicznych danego typu, co stanowi podstawę ujęcia dynamicznego rozważanych zjawisk.

W rozdziale piątym omówiono wpływ innowacji na zmiany w sferze popytowej. Głównym zagadnieniem jest wpływ rozwoju innowacyjnego na sytuację ogólną konsumentów, ale rozważa się również jego związek z poziomem bezrobocia. Jedną z najważniejszych kwestii jest podanie warunków wystarczających do zachowania kumulatywnego w systemie konsumpcji przy zmianach innowacyjnych w sferze produkcji.

Rozdział szósty, stanowiący główną część opracowania, prezentuje szczegółową analizę wpływu konsumentów na zmiany innowacyjne w całym systemie przez proinnowacyjne relacje preferencji oraz kredyt konsumpcyjny. W szczególności wykazano, że konsumenci będący udziałowcami firm mają wpływ na wybór oraz realizację innowacyjnych planów produkcji, co wpływa na rozwój innowacyjny całego systemu, a kredyt konsumpcyjny pomaga im zintensyfikować te zmiany.

W zakończeniu monografii sformułowano najważniejsze wnioski płynące z przeprowadzonych badań i analiz oraz podkreślono jeszcze raz aktywną rolę i znaczenie konsumentów w ewolucji innowacyjnej.

W celu ułatwienia lektury na końcu pracy umieszczono wykaz ważniejszych symboli matematycznych i ekonomicznych.

Przygotowanie pracy było okazją do zebrania oraz weryfikacji wyników uzyskanych w trakcie realizacji projektu. W efekcie część opublikowanych wcześniej

definicji i twierdzeń została zmodyfikowana do postaci zgodnej z głównym celem opracowania. Ponadto dołączono nowe elementy teorii, będące rozwinięciem lub uzupełnieniem wcześniejszych rozważań (podrozdziały: 5.2, 6.2 i 6.3, części podrozdziałów: 2.3, 3.2, 3.3, 5.1 i 6.1).

Pragnę wyrazić głęboką wdzięczność nieżyjącemu już Panu Profesorowi Andrzejowi Malawskiemu za wprowadzenie mnie w zagadnienia ekonomii schumpeterowskiej, metodę aksjomatyczną oraz jej zastosowania w ekonomii, wskazanie interesujących kierunków badań, pomoc w przygotowywaniu wielu prac naukowych, wspieranie w działalności naukowej i motywowanie do dalszych badań. Chciałabym również bardzo podziękować recenzentowi monografii – Panu Profesorowi Emilowi Pankowi, za wnikliwe i cenne uwagi i sugestie, które w znaczący sposób wpłynęły na poziom merytoryczny pracy oraz za okazane życzliwość i wsparcie, a także redaktorowi naukowemu – Pani Profesor Barbarze Pawełek, za wszelkie wskazówki dotyczące pracy.

1. Wprowadzenie w problematykę formalnego ujęcia neoschumpeterowskiej teorii popytu

1.1. Uwagi ogólne

Wizja rozwoju gospodarczego zaprezentowana przez J.A. Schumpetera w 1912 r. była tak oryginalna i doniosła teoretycznie, że jej autor zaliczony został do grona najwybitniejszych przedstawicieli myśli ekonomicznej XX w. W momencie ukazania się jego najważniejszego dzieła pt. *Teoria rozwoju gospodarczego* zawarte w nim idee były alternatywą dla dominujących w tych czasach poglądów opartych na neoklasycznej statyce, wśród których jedną z głównych kwestii była równowaga ogólna. Początkowo koncepcja J.A. Schumpetera nie zyskała większego rozgłosu. Zmiana w odbiorze tej teorii nastąpiła w latach 30. XX w., gdy ekonomiści skierowali swą uwagę w stronę dynamiki gospodarczej. Kolejne zmiany w recepcji teorii Schumpetera nastąpiły na przełomie lat 70. i 80., gdy podejście do problematyki gospodarczej zmieniło się na bardziej mikroekonomiczne. W okresie tym, badając przebieg zjawisk społecznych, nawiązano do tradycji indywidualizmu metodologicznego. Uznano, że wszystkie zmiany są determinowane przez zjawiska indywidualne takie jak innowacje czy przedsiębiorczość jednostki.

Wyjątkowa popularność teorii Schumpetera w ostatnich dziesięcioleciach wynika z ewolucyjnego interpretowania jego oryginalnych idei. Badając rozwój gospodarczy, akcentuje się dynamikę, a nie statyczną optymalność. Ponadto współcześnie teoria ta znalazła swoje odzwierciedlenie w rzeczywistości – siłą napędową rozwoju gospodarczego w większości krajów są innowacje (jako efekt konkurencji pomiędzy starymi a nowymi metodami produkcji), przedsiębiorczość i kredyt. Jednocześnie gospodarka każdego kraju jest systemem dynamicznym, w którym ciągle zmieniają się metody produkcji oraz struktura organizacyjna w niekończącym się procesie innowacji. Modele schumpeterowskie pozwalają lepiej zrozumieć ekonomiczne i społeczne przemiany zachodzące w XXI w. dzięki nowym metodom wytwarzania, nowym towarom i usługom, nowym ryn-

kom (np. Bessen i Maskin 2009, *Elgar Companion...* 2007, Malerba i Orsenigo 1995, Mukoyama 2003).

W swojej teorii rozwoju gospodarczego J.A. Schumpeter zakładał, że najważniejszą determinantą wzrostu gospodarczego jest rozwój technologiczny generowany przez czynniki wewnętrzne występujące w danym systemie ekonomicznym. Do czynników tych należą innowacje, czyli nowe kombinacje czynników produkcji wprowadzane przez producentów innowatorów i realizowane dzięki kredytom wykreowanym przez banki z oszczędności konsumentów. Konsumenty są bierni w tym procesie, cechują ich rutynowe zachowania, a jedyne zmiany w ich aktywności są pochodną zmian w systemie produkcji. Jednym z głównych rodzajów zmian w sferze popytowej są zmiany w preferencjach, będące bezpośrednim rezultatem wprowadzanych innowacji. Aktywna rola strony popytowej w procesie rozwoju gospodarczego oraz możliwość występowania zmian innowacyjnych w sferze konsumpcji zostały pominięte.

Takie ujęcie znalazło swoje odzwierciedlenie w większości prac należących do głównego nurtu badań dotyczącego formalnego ujęcia schumpeterowskiej teorii rozwoju gospodarczego (np. Nelson i Winter 1982, 2002, Clark i Goldsmith 2006, Nelson 2013). Program badawczy analizy teorii rozwoju gospodarczego Schumpetera w topologiczno-mnożnościowym aparacie pojęciowym teorii równowagi ogólnej Arrowa-Debreu, realizowany od lat 90. ubiegłego wieku (zob. Malawski 1999, 2005, Ciałowicz i Malawski 2011, 2012, 2013, *Innovative Economy...* 2013, Ciałowicz 2015, 2016), również w niewielkim stopniu porusza zagadnienie aktywnej roli sfery popytowej w modelowaniu zmian ewolucyjnych.

Pomimo oryginalności i doniosłości teorii rozwoju gospodarczego J.A. Schumpetera wielu ekonomistów przyjmowało odmienną koncepcję zjawiska innowacji – jako jednego z aspektów życia gospodarczego, które z jednej strony jest „pchane” przez zmiany technologiczne, a z drugiej strony „ciągnięte” przez popyt (Schmookler 1966). Kryzysy gospodarcze obserwowane ostatnio potwierdziły te teorie oraz spowodowały zwrócenie uwagi na znaczenie roli strony popytowej w kształtowaniu strategii innowacyjnej firm działających w intensywnie konkurencyjnym środowisku.

Współczesna literatura dotycząca ewolucji ekonomicznej, należąca do neo-schumpeterowskiego nurtu badań, coraz częściej porusza problem aktywnej roli sfery popytowej w tym zjawisku (np. Aversi i in. 1999, Onatski i Williams 2003, Saam 2005, *Demand and Innovation...* 2010, Andersen 2007, Green i in. 2002). Nowoczesne ujęcie opiera się na następujących przesłankach (Andersen 2007): popyt jest głównym źródłem mechanizmu selekcji, który nadaje kierunek zmianom ewolucyjnym, a aktywność innowacyjna firm zależy od struktury oczekiwanego lub istniejącego popytu. Oznacza to szczególnego rodzaju dwustronną relację między sferą konsumpcji a sferą produkcji. Relacja ta charakteryzuje się

wysokim poziomem złożoności wynikającej z czynników behawioralnych wpływających na działania konsumentów oraz różnych funkcji pełnionych przez te dwa rodzaje podmiotów gospodarczych.

W rezultacie wcześniejsze formalne ujęcia teorii Schumpetera wymagają modyfikacji do teorii neoschumpeterowskiej uwzględniającej następujące aspekty:

1) możliwość aktywnego udziału konsumentów w wyborze optymalnego planu produkcji, czyli uwzględnienie czynników behawioralnych wpływających na niepewność w działalności producentów. Opiera się to na specyficznej podażowej relacji preferencji udziałowców firm (konsumentów), co nie zawsze związane jest z maksymalizacją zysku;

2) wpływ konsumentów na rozwój innowacyjny przez proinnowacyjne podażowe relacje preferencji;

3) zjawisko innowacyjności konsumentów związane z popytem na towary innowacyjne;

4) zmiany innowacyjne w sferze konsumpcji oraz ich wpływ na rozszerzenie innowacyjne całego systemu ekonomicznego.

1.2. Pojęcia innowacji oraz innowacyjności w teorii ekonomii

Według słownika Webstera¹ pojęcie innowacji pojawiło się w XV w., a do ekonomii wprowadził je w 1912 r. J.A. Schumpeter. Etymologicznie wywodzi się od łacińskich słów *innovatio* – odnowienie, oraz *innovare* – odnawiać (Kopaliński 1989). W *Słowniku języka polskiego* (1999) słowo to definiowane jest jako „wprowadzenie czegoś nowego, rzecz nowo wprowadzona; nowość; reforma”. Tworzenie nowości wydaje się jednak tylko jednym z wymiarów pojęcia innowacji. „Innowacja” oraz „innowacyjność” to terminy często pojawiające się w artykułach i publikacjach książkowych dotyczących różnorodnych zagadnień, ale mimo to ciągle rozumiane raczej intuicyjnie. Potocznie innowacja rozumiana jest jako coś nowego i innego od dotychczasowych rozwiązań; kojarzy się z potrzebną zmianą na lepsze i bardzo często używane jest jako synonim słowa „zmiana”.

Pojęcie innowacji oraz rola, jaką odgrywają one w życiu i rozwoju społeczeństw, były i są nadal przedmiotem rozważań w literaturze nie tylko ekonomicznej (np. *Innowacyjność...* 2004, Pietrasiniński 1970, Wiszniewski 1999). Pomimo licznych opracowań nadal jest to pojęcie niejednoznaczne, chociażby dlatego że definicja innowacji została sformułowana przez teoretyków z wielu różnych dziedzin (*Some Thoughts...* 1999). Stąd jedną z podstawowych cech tego pojęcia

¹ <http://www.merriam-webster.com/dictionary/>

jest jego interdyscyplinarność. Ze względu na cel pracy rozważania ograniczone zostaną do pojęcia innowacji w naukach ekonomicznych.

Autorem pierwszej formalnej definicji innowacji w systemie gospodarczym jest z pewnością J.A. Schumpeter, który stwierdził, że innowacje to „żywołowe i nieciągłe zmiany drogi ruchu życia i zakłócenie ośrodka równowagi występujące w sferze życia przemysłowego i handlowego” (1960, s. 102), czyli nowe kombinacje czynników produkcji. Uważał on, że innowacje odgrywają kluczową rolę w przedsiębiorczości. Innowator to przedsiębiorca, który w poszukiwaniu nadzwyczajnego zysku wprowadza jako pierwszy innowacje. Jednocześnie innowator nie musi być wynalazcą. Wynalazki mogą być własnym produktem przedsiębiorstwa – rezultatem zorganizowanej działalności B+R, lub mogą mieć charakter zewnętrzny wobec niego. Nie jest to powielanie cudzych rozwiązań, lecz pionierskie podejście do rozwiązań efektywnych dla działalności przedsiębiorstwa. Pojęcia innowacyjności i innowacji mogą być rozumiane bardzo szeroko i odnosić się do wielu pomysłów i rozwiązań. Największe korzyści przynoszą firmom często niewielkie zmiany, które nie wymagają prawie żadnych nakładów inwestycyjnych, natomiast podnoszą walory użytkowe produktu i sprawiają, że przekonują się do niego coraz liczniej konsumenci. Aktywność innowacyjna według J.A. Schumpetera jest zmianą zarówno technologiczną, jak również organizacyjną i behawioralną związaną z czynnikami wewnętrznymi. Narusza ona stan równowagi w systemie gospodarczym i jest procesem nieciągłym. Nie należy jednak sprowadzać występowania innowacji tylko do procesu technologicznego. Jest ona pojęciem, które obejmuje nie tylko przedsięwzięcia technologiczne, ale również ekonomiczne. Zauważmy, że J.A. Schumpeter w swoich rozważaniach nie uwzględnił, że innowacje występują również w sferze popytowej, w której może wystąpić zmiana w preferencjach konsumentów (np. zmieniające się kanony mody), a sukces wprowadzanej innowacji zależy zarówno od możliwości budżetowych uczestników rynku, jak i od ich proinnowacyjnego podejścia.

Podobne do J.A. Schumpetera podejście prezentuje P. Kotler (2000), który uważa, że innowacją może być dowolny produkt, usługa i pomysł, które ktoś postrzega jako nowe.

Nieco inaczej definiuje innowacje A. Pomykański (2001, s. 13), pisząc, że innowacja „jest procesem obejmującym wszystkie działania związane z kreowaniem pomysłu, powstaniem wynalazku, a następnie wdrażaniem wynalazku – nowego produktu, procesu”.

Z kolei P. Drucker podkreśla, że podstawą innowacji jest zmiana. Zdefiniował on innowację jako „szczególne narzędzie przedsiębiorców, za pomocą którego ze zmiany czynią okazję do podjęcia nowej działalności gospodarczej lub do świadczenia nowych usług. (...) Systematyczna innowacja polega na celowym i zorganizowanym poszukiwaniu zmian oraz na systematycznej analizie możliwości,

jakie te zmiany mogą oferować dla innowacji ekonomicznej lub społecznej” (1992, s. 38–39). Wynika z tego, że wykorzystując zmianę, innowacja tworzy zasoby, zmienia wydajność zasobów, zmienia wartość i zadowolenie konsumentów z gospodarowania zasobami. Jest ona według P. Druckera raczej pojęciem ekonomicznym lub społecznym niż technicznym. Zgodnie z jego teorią można wyróżnić cztery rodzaje zmian, które stanowią potencjalne źródło innowacyjnych pomysłów:

- 1) to, co niespodziewane – nieoczekiwane zarówno powodzenie, jak i niepowodzenie przedsięwzięcia, w tym wprowadzenie nowego produktu, a także niespodziewane wydarzenia zewnętrzne, np. zmiana pogody bądź wybuch wojny;
- 2) niezgodność między tym, co jest, a tym, co powinno być – brak zgodności między istniejącą rzeczywistością a sytuacją zakładaną i projektowaną. Niezgodność ta może stać się źródłem nowych pomysłów;
- 3) potrzeba sukcesu – konieczność doskonalenia słabych elementów w procesie produkcji;

4) zaskakujące zmiany w strukturze przemysłu bądź rynku.

Inaczej zdefiniował innowację G. Altshuller (2007, s. 129), który dostrzegł w niej konieczność zachodzenia procesów twórczych i podkreślał związek innowacji z kreatywnością. Według niego „innowacja jest złożonym zjawiskiem i zbiorem umiejętności, odmiennym sposobem organizowania, syntezy i wyrażania wiedzy, postrzegania świata i tworzenia nowych idei, perspektyw, reakcji i produktów”.

Inny uczyony, Ch. Freeman (1982, s. 7), stwierdził, że o innowacji można mówić wówczas, gdy po raz pierwszy stanie się ona przedmiotem handlu, czyli inaczej mówiąc – zostanie sprzedana. Innowację stanowi zatem pierwsze handlowe wprowadzenie (zastosowanie) nowego produktu, procesu, systemu lub urządzenia, co jednocześnie oznacza, że wystąpił na nią popyt. Niestety Ch. Freeman nie określa, jaka sprzedana wartość czy wielkość decyduje o uznaniu, że innowacja na stałe zaistniała na rynku, oraz czy nowość odnosi się do skali całego świata, czy tylko danego kraju lub regionu.

Natomiast polski uczyony, J. Pajestka, sformułował niezwykle ważny wniosek; stwierdził, że „nie ma znaczenia, że produkty czy technologie (jako metody wytwarzania) znane są gdzie indziej; dla danego społeczeństwa, które ich wcześniej nie znało, są one bez wątpienia innowacjami. (...) dla analizy procesów rozwojowych bardziej słuszne jest takie rozumienie »innowacji«, w którym innowacją jest nie tylko to, co jest absolutną nowością w skali światowej, ale to, co jest nowością dla danego społeczeństwa” (1981, s. 95). Oznacza to, że większość innowacji ma zasięg lokalny, jest nowością tylko dla określonej grupy uczestników rynku.

Warto jeszcze przytoczyć definicję, którą posługuje się GUS, zaproponowaną w *Podręczniku Oslo* (2006, s. 49): „Innowacja to wdrożenie nowego lub znacząco

udoskonalonego produktu (wyrobu lub usługi) lub procesu, nowej metody marketingowej lub nowej metody organizacyjnej w praktyce gospodarczej, organizacji miejsca pracy lub stosunkach z otoczeniem”. Z kolei przez innowacyjność rozumie się „zdolność przedsiębiorstw do tworzenia i wdrażania innowacji oraz faktyczną umiejętność wprowadzania nowych i zmodernizowanych wyrobów, nowych lub zmienionych procesów technologicznych lub organizacyjno-technicznych”. Natomiast innowacyjność gospodarki to zdolność podmiotów gospodarczych do ustawicznego poszukiwania i wykorzystania w praktyce nowych wyników badań naukowych, prac badawczo-rozwojowych, nowych koncepcji, pomysłów i wynalazków. Opierając się na tych rozważaniach, można stwierdzić, że innowacyjność gospodarki jest wynikiową innowacyjności poszczególnych podmiotów gospodarczych, jakimi są przedsiębiorstwa, ale również konsumenci.

Ważną rolę innowacji w rozwoju gospodarczym podkreślono w strategii lizbońskiej, czyli programie rozwoju gospodarczo-społecznego Unii Europejskiej, przyjętym podczas posiedzenia Rady Europy w Lizbonie w 2000 r. Jednym z najważniejszych punktów strategii jest budowa innowacyjnej gospodarki opartej na wiedzy. W podstawach programowych strategii lizbońskiej można znaleźć (np. Radło 2003, s. 127) stwierdzenie, że „wiedza oraz innowacje są siłą napędową wzrostu europejskiego” oraz że „Europa musi usunąć przeszkody oraz zapewnić bodźce dla innowacji technologicznych i ekologicznych, aby podnieść jakość pracy i życia oraz budować wzrost i tworzyć miejsca pracy”.

Oprócz pojęcia innowacji ważne jest także pojęcie innowacyjności. Jest ona rozumiana jako proces, którego wynikiem jest innowacja. Innowacyjność wiąże się z wprowadzeniem czegoś nowego, nowatorstwem, reformą, ulepszeniem. Przykładowo nieznanym wcześniej produkt danego przedsiębiorstwa jest efektem jego innowacyjności. Jeśli zostanie wdrożony, w praktyce stanie się innowacją. Innowacyjność przedsiębiorstwa czy przedsiębiorcy jest więc zdolnością do kreatywności, poszukiwania nowych idei, konstruowania wynalazków, czego wynikiem jest innowacja. Według A. Pomykałskiego (2001, s. 15) innowacyjność to „zdolność organizacji do stałego poszukiwania, wdrażania i upowszechniania innowacji”. Może ona dotyczyć wszelkich dziedzin i sfer działalności pojedynczych przedsiębiorstw, jak również całej gospodarki. Innowacyjne są więc wszystkie ulepszenia maszyn i urządzeń, reformy systemów, jak i tworzenie zupełnie nowych dóbr, zjawisk lub wartości. Innowacje mogą dotyczyć zarówno zaawansowanych technologii, jak i najprostszych elementów życia codziennego. Kluczowa rola innowacyjności w rozwoju każdego kraju sprawiła, że jest ona jednym z najważniejszych elementów kształtowania polityki gospodarczej. Razem z konkurencyjnością i przedsiębiorczością stanowi ona czynniki sprzyjające rozwojowi gospodarczemu i społecznemu.

Na koniec tej części warto jeszcze zaprezentować wnioski sformułowane przez zespół badawczy CASE (Centrum Analiz Społeczno-Ekonomicznych), zajmujący się problematyką innowacyjności²:

„Innowacja – działanie nowatorskie – może mieć miejsce w przemyśle i usługach zarówno w stosunku do produktów (poprzez tworzenie nowych lub znaczne modyfikowanie już istniejących wyrobów), jak i w stosunku do procesów produkcyjnych (poprzez ich usprawnianie). W dobie globalizacji zdolność do kreowania innowacji staje się coraz ważniejszym czynnikiem warunkującym długookresowe powodzenie ekonomiczne. Zdolność do kreowania innowacji opiera się na działalności badawczo-rozwojowej – tj. na odbywających się w laboratoriach pracach nad usprawnianiem procesów produkcyjnych i ulepszaniem, rozwijaniem oraz tworzeniem nowych produktów. Gospodarki, w których zlokalizowane są podmioty gospodarcze mające większe zdolności innowacyjne, osiągnęły w ostatnich latach najwyższe stopy wzrostu. Obecnie polska gospodarka charakteryzuje się niskim poziomem innowacyjności, co wpływa na jej niższą konkurencyjność”.

Podsumowując dotychczasowe rozważania, trudno rozstrzygnąć, która z przedstawionych definicji jest najlepsza. Na ich podstawie można jednak stwierdzić, że innowacja to coś nowego, ale nie jest to wynalazek ani odkrycie. Wynalazek to efekt ludzkiej pomysłowości, ale niekoniecznie związany z jakimkolwiek zastosowaniem. Wynalazek staje się innowacją dopiero wtedy, gdy sprawdzi się w gospodarce. W gospodarce rynkowej oznacza to, że dany wynalazek odniesie sukces handlowy, czyli wystąpi na niego popyt. Odkrycie nie jest wytworem człowieka, w tym sensie, że stanowi jedynie ujawnienie uprzednio istniejącego stanu w przyrodzie (np. odkrycie złoża minerałów lub sformułowanie prawa naukowego). Stanowi oczywiście efekt pracy twórczej, być może zastosowania nowatorskich metod, ale sam rezultat nie może np. zostać opatentowany.

Nie wszystkie celowe zmiany są innowacjami. Pojęcie innowacji ma co najmniej dwa wymiary: kreowanie nowości (innowacyjność) oraz tworzenie wartości. Oznacza to, że bez tworzenia wartości ekonomicznej nie ma mowy o innowacji, gdyż nie wszystkie nowe pomysły są innowacyjnym sukcesem. Nie precyzując w tym miejscu pojęcia rozwoju gospodarczego oraz kryteriów jego oceny, można bez problemu odróżnić, co jest postępowaniem, innowacją, a co zmianą uwsteczniącą. Jednocześnie innowacja jako kategoria ekonomiczna utożsamiana jest ze zjawiskiem, które przynosi określone korzyści przedsiębiorcy, który ją wprowadza (np. wzrost zysku przez podniesienie efektywności produkcji). Innowacja jest wynikiem akumulacji specyficznej wiedzy i informacji użytecznej dla działalności i rozwoju firmy czy regionu. Jest to proces interaktywny, wykorzystujący źródła wewnętrzne i zewnętrzne. Przedsiębiorstwo, które jest innowacyjne, charakteryzuje się zarówno

² www.case.com.pl/strona--ID-innowacyjnosc,nlang-19.html (data dostępu: 1.08.2012).

zdolnością do akumulowania wiedzy, jak i efektywnością i sprawnością w procesach produkcji.

W badaniach porównawczych przedstawionych w tej części definicji innowacji zwrócono uwagę na jej pięć podstawowych czynników:

- 1) przedmiot innowacji: są nim produkt lub usługa, proces, strategia;
- 2) proces generowania innowacji: to ciąg (sekwencja, seria) działań, zmian lub funkcji mających na celu udoskonalenie lub nowe wykorzystanie (implementacje) znanych wcześniej technologii lub urządzeń;
- 3) podmiot innowacji: element systemu gospodarczego, w ramach którego i dla którego innowacje są tworzone (mogą to być pojedyncze przedsiębiorstwa sektora prywatnego i publicznego, organizacje, działy administracji publicznej, wreszcie określone geograficznie regiony, obszary narodowe lub świat jako całość);
- 4) rezultat innowacji: efekt lub skutek wdrożenia innowacji w zdefiniowanej wyżej jednostce (podmiocie); mogą nim być np. wzrost gospodarczy, poziom dobrobytu społecznego, rentowność itp.;
- 5) ramy czasowe innowacji: okres, w jakim innowacje powstają lub zostają zrealizowane, czyli przynoszą określony efekt.

Różnice w definicjach pojawiają się przede wszystkim w odniesieniu do zakresu, w którym dana nowość uznawana jest za innowację. Przedstawione definicje można podzielić na dwie podstawowe grupy. W pierwszej znalazły się te definicje, w których wszystkie nowości utożsamiane są z innowacjami. Zwolennikami takiego szerokiego ujęcia są J.A. Schumpeter, J. Pajestka, P. Kotler oraz P. Drucker. Do drugiej grupy należą definicje, w których pojęcie innowacji rozumiane jest wąsko, np. definicje Ch. Freemana, A. Pomykalskiego i G. Altshullera.

Pozostaje jednak pytanie, jak ocenić, czy dana zmiana jest na tyle nowa i oryginalna, aby uznać ją za innowację. Ponadto należy ustalić, kto ma ocenić, czy dana zmiana wprowadza coś nowego. Ważne jest też rozstrzygnięcie, kiedy dane odkrycie czy wynalazek nazwiemy innowacją; np. czy projekt, który powstał na uczelni, jest już innowacją, czy staje się nią dopiero wtedy, gdy zostanie wdrożony i wprowadzony na rynek. Wreszcie, po jakim czasie wprowadzona nowość przestaje być innowacją. Na postawione pytania nie ma jednoznacznych odpowiedzi.

1.3. Rodzaje innowacji oraz wskaźniki innowacyjności

Klasyfikacja innowacji zależy nie tylko od kryteriów podziału, ale również od definicji samego pojęcia. Ze względu na jego niejednoznaczność występuje wiele podziałów, a co za tym idzie – rodzajów innowacji.

Najprostszy podział zaproponowano w *Podręczniku Oslo* (2006). Innowacje podzielono na:

1) techniczne (technologiczne) – ich źródłem są w dużej mierze wydatki na badania i rozwój (np. nowe maszyny, urządzenia, technologie, nowe środki transportu);

2) nietechniczne – występujące w działalności przedsiębiorstwa, niezwiązane z wprowadzaniem na rynek nowych towarów lub usług, a obejmujące głównie innowacje organizacyjne i menedżerskie. Tego typu innowacje nie muszą wiązać się z ponoszeniem materialnych lub finansowych nakładów, a ich źródłem jest zdolność do twórczego przystosowania się do zmiennych warunków rynkowych.

W literaturze ekonomicznej najczęściej proponowany jest podział na trzy rodzaje innowacji:

1) innowacja produktowa – polega na wprowadzeniu na rynek produktu nowego pod względem technologicznym, czyli produktu, którego cechy technologiczne lub przeznaczenie różnią się znacząco od uprzednio wytwarzanych. Dotyczy ona zarówno wyrobów, jak i procesów – są to wszelkiego rodzaju zmiany polegające na udoskonaleniu towaru już wytwarzanego przez przedsiębiorstwo bądź na rozszerzeniu struktury asortymentowej o nowy produkt. Może to być również towar wcześniej produkowany, którego działanie zostało znacząco ulepszone, a równocześnie zaspokaja on lepiej potrzeby konsumentów. Innowacje tego typu związane są z całkowicie nowymi technologiami lub opierają się na nowych zastosowaniach istniejących już technologii. Mogą też polegać na wykorzystaniu w procesie produkcyjnym nowej wiedzy. Innowacja produktowa polega na celowym zastąpieniu dotychczas wytwarzanych produktów ich nowymi wersjami oraz kreowaniu nowych produktów, lepiej zaspokajających potrzeby i preferencje określonych nabywców. Zostaje ona wdrożona, jeśli zostanie wprowadzona na rynek, a jej efektem jest poprawa pozycji konkurencyjnej przedsiębiorstwa;

2) innowacja procesowa (technologiczna) – oznacza wprowadzenie nowych lub ulepszonych metod i technologii wytwarzania albo dostarczania produktów do odbiorców. Metody te mogą opierać się na dokonywaniu zmian w urządzeniach lub w organizacji produkcji, mogą też stanowić połączenie tych dwóch rodzajów zmian lub być wynikiem wykorzystania nowej wiedzy. Mogą mieć one na celu produkcję lub dostarczenie nowych lub udoskonalonych produktów, które nie mogłyby być wytworzone czy też dostarczone za pomocą metod konwencjonalnych. Celem tych metod może być także zwiększenie efektywności produkcji lub dostarczenie istniejących produktów;

3) innowacja usługowa – polega na wprowadzeniu na rynek nowej usługi, która oferuje konsumentowi nową korzyść lub wartość. Może to być związane ze zmianą charakterystyki istniejącej usługi, ewentualnie zaproponowanie nowej. Tego typu innowacja często definiowana jest łącznie z innowacją produktową.

W literaturze spotkać można również inne sposoby systematyzacji innowacji uwzględniające np. ich źródło, skalę, stopień nowości, złożoność, charakter i skutki.

Wart poznania jest podział innowacji zaproponowany przez Komisję Europejską w programie EQUAL³, oparty na typologii wynikającej z ocen programów Employment i Adapt, w którym rozróżnia się trzy typy innowacji:

1) innowacje zorientowane na proces – dotyczą rozwoju nowych metod, instrumentów i podejść, jak również poprawy istniejących metod;

2) innowacje zorientowane na cel – koncentrują się na formułowaniu nowych celów oraz podejść w celu zidentyfikowania nowych i obiecujących kwalifikacji oraz tworzenia nowych obszarów zatrudnienia na rynku pracy;

3) innowacje zorientowane na kontekst – odnoszą się do struktur politycznych i instytucjonalnych; dotyczą rozwoju systemu na rynku pracy.

Istnieje jeszcze wiele innych klasyfikacji innowacji, ale na ogół są one nieprecyzyjne ze względu na kryteria podziału.

Wprowadzanie na rynek nowych produktów oraz ogólnie rozumiana aktywność innowacyjna jest ważnym elementem działalności każdego przedsiębiorstwa w konkurencyjnym otoczeniu, pod warunkiem że wprowadzone innowacje odnoszą sukces. Problemem jest jednak określenie, na czym polega sukces rynkowy, a co za tym idzie – jak ocenić innowacyjność przedsiębiorstwa czy pojedynczego procesu innowacyjnego. Sukces (techniczny, handlowy, finansowy, gospodarczy) rozumiany jest tutaj jako powodzenie działań w takich sferach, jak: realizacja w praktyce technicznych specyfikacji wynalazku, znalezienie komercyjnego zastosowania i osiągnięcie wystarczającej sprzedaży, uzyskanie zadowalającej stopy zwrotu z inwestycji.

Najczęściej oceniane są innowacje produktowe. W tym przypadku trudności w porównywaniu wyników są spowodowane różnorodnością stosowanych mierników. Ogólnie można je podzielić na finansowe i niefinansowe. Badania oparte na miernikach finansowych wykorzystują metody analogiczne do tych, które służą do oceny działalności przedsiębiorstwa, np.: wielkość sprzedaży czy procentowy wzrost sprzedaży danego produktu w stosunku do wyników finansowych w pewnym okresie. Innym instrumentem pomiarowym może być np. porównanie sprzedaży ze średnią danego sektora lub poziomem sprzedaży głównych konkurentów czy planowaną wielkością sprzedaży. Metody niefinansowe służą do badania dostosowania nowego produktu do konkurencyjnej sytuacji na rynku lub oceny stopnia nowości, unikatowości rozwiązania technologicznego.

Różnorodność mierników zmian innowacyjnych powoduje, że precyzyjna ocena innowacyjności przedsiębiorstwa czy procesu innowacyjnego jest trudna. W monografii zaproponowano trzy sposoby porównywania zmian innowacyjnych.

³ <http://www.equal.org.pl>, <http://www.fundusze-strukturalne.gov.pl>.

Pierwszy z nich polega na wprowadzeniu specyficznej podażowej metryki innowacyjnej w przestrzeni rozszerzeń innowacyjnych systemu produkcji z pieniądzem (definicja 2.21), która daje możliwość mierzenia odległości dwóch systemów ze względu na różnice pomiędzy wskazanymi elementami charakterystyki. W szczególności możliwa jest klasyfikacja innowacyjności dwóch rozszerzeń systemu przez porównywanie ich odległości od modelu wyjściowego (definicja 2.22). Druga metoda opiera się na porównywaniu ze sobą końcowych stanów równowagi dwóch różnych procesów dyfuzji innowacji w ekonomii Debreu z pieniądzem (definicja 6.4). Trzecim sposobem jest wykorzystanie metryki innowacyjnej wprowadzonej w przestrzeni rozszerzeń innowacyjnych ekonomii Debreu z pieniądzem, uwzględniającej zmiany w elementach charakterystyki danego modelu znaczące dla jego rozwoju innowacyjnego (definicja 6.5).

1.4. Ruch okrężny i rozwój gospodarczy w ujęciu J.A. Schumpetera

Podstawowym celem pracy naukowej J.A. Schumpetera było uzupełnienie klasycznej teorii ogólnej równowagi L. Walrasa. W ówczesnej wersji teoria ta wyjaśniała istotę rzeczywistych zmian dostosowawczych, a głównym przedmiotem jej badań było wykrywanie zależności zachodzących w stosunkach wymiennych. J.A. Schumpeter jako zwolennik tej teorii uważał, że koncepcja ogólnej równowagi, jakkolwiek wyabstrahowana i odległa od życia, stanowi podstawę ścisłej analizy ekonomicznej (zob. Perlman 2007). Jednocześnie dostrzegał on niedoskonałość tej koncepcji wynikającą z jej mechanistycznego i statycznego charakteru, co nie pozwalało na zastosowanie jej do badania zjawiska rozwoju gospodarczego, ponieważ nie analizowała ona konsekwencji zmian dostosowawczych ani tego, jakie zjawiska ekonomiczne są ich następstwem. Stąd postanowił on przekształcić metodę ogólnej równowagi w metodę statyki i dynamiki. W konsekwencji główną ideę teorii rozwoju gospodarczego w ujęciu J.A. Schumpetera stanowi odróżnienie i analiza dwóch podstawowych form życia gospodarczego: ruchu okrężnego i rozwoju gospodarczego.

Ruch okrężny ma charakter statyczny i oparty jest na modelu równowagi ogólnej Walrasa, w którym system ekonomiczny wykazuje tendencję do równowagi na rynkach dóbr zarówno realnych, jak i finansowych. Trzeba jednak zwrócić uwagę na to, że schumpeterowska metoda statyczna nie wykluczała śledzenia zmian w czasie, gdyż dopuszczała możliwość porównywania systemu w różnych momentach. Można tutaj zatem mówić o statyce porównawczej.

W ruchu okrężnym podaż i popyt są zrównoważone na wszystkich rynkach, zgodnie z prawem Saya głoszącym, że podaż jest czynnikiem tworzącym popyt

(Landreth i Colander 2008). Jednocześnie wszyscy uczestnicy rynku, czyli konsumenci i producenci, zachowują się biernie i rutynowo. Zakłada się przy tym, że każdy uczestnik rynku w każdym okresie gospodarczym utrzymuje się z dóbr wytworzonych w okresie poprzednim. Zgodnie z teorią Schumpetera w ruchu okrężnym gospodarka jest w stanie równowagi, w której wszystkie czynniki produkcji są w pełni wykorzystane, ogół przedsiębiorców osiąga zerowe zyski, a procesy gospodarcze mają wyłącznie charakter adaptacyjny, gospodarka nie podlega żadnym gwałtownym zmianom, nie zmienia swych technik produkcji i metod gospodarowania, wszystkie procesy życia gospodarczego przebiegają według tych samych ustalonych wzorców.

Nie oznacza to jednak, że w ruchu okrężnym nie mogą zachodzić żadne zmiany. Dopuszczalne jest zachodzenie małych i o charakterze ciągłym zmian dostosowawczych, nieprowadzących do naruszenia równowagi, przy czym decyzje podejmowane przez uczestników rynku w każdym okresie powodują ten sam rodzaj aktywności. Proces ten jest kumulatywny, co oznacza, że osiągalne są wszystkie plany produkcyjne i konsumpcyjne dotychczas dostępne. W procesie tym pieniądź pełni bierną funkcję pośrednika wymiany, stopa procentowa jest zerowa, nie ma kapitału, a kredyt ogranicza się wyłącznie do konsumpcyjnego i handlowego. W systemie w ruchu okrężnym środki finansowe wystarczają na prowadzenie normalnej działalności, ale brak możliwości oszczędzania w tradycyjnym znaczeniu niewykorzystanych zysków, a więc nie istnieje kapitał ani stopa procentowa. Wynika to z faktu, że stan równowagi oznacza pełne wykorzystanie czynników produkcji, czyli brak występowania zysku. Natomiast dobrami kapitałowymi są dobra produkcyjne, których koszt zużycia sprowadza się do nakładów na ich wytworzenie.

Trzeba zauważyć, że ruch okrężny jest schumpeterowską wersją równowagi Walrasa przedstawioną w postaci zamkniętego systemu, w którym wszystkie podmioty gospodarcze doskonale adaptują swoje zachowanie do warunków otoczenia, tak że nie czują potrzeby dokonywania zmian. Jednocześnie powierzchowne podobieństwo pomiędzy ruchem okrężnym a stanem statycznym jest jednak mylące. Dla ekonomistów klasycznych stan statyczny jest ostatecznym osiągnięciem ekonomii, celem, do którego ona dąży, stałym i nienaruszalnym, trwającym w czasie. Schumpeterowski ruch okrężny jest zjawiskiem całkowicie teoretycznym, niewystępującym w rzeczywistości, ale służy odróżnieniu codziennej rutyny od rozwoju gospodarczego, jest punktem odniesienia dla dalszych analiz życia gospodarczego, akcentując cykliczność, powtarzalność zjawisk gospodarczych.

Koncepcja ruchu okrężnego jako podstawowego elementu systemu schumpeterowskiego była często krytykowana przez współczesnych mu ekonomistów. Krytyka dotyczyła podstawowych jej założeń, takich jak: zerowa stopa procentowa, doskonała konkurencja rynkowa bez monopolii oraz struktura rynku kapitalistycz-

nego. Takie założenia są jednak konsekwencją warunków, przy których występuje ruch okrężny.

Odmianą sytuację stanowi rozwój gospodarczy. Zgodnie z teorią Schumpetera jest to zmiana o charakterze nieciągłym, związana z wytrąceniem gospodarki ze stanu równowagi statycznej, niewykazująca przy tym tendencji do powrotu do stanu wyjściowego. Głównymi przyczynami rozwoju gospodarczego są czynniki wewnętrzne (nowe kombinacje produkcyjne i handlowe), zwane innowacjami, które tkwią w samym układzie gospodarczym (Schumpeter 1960, s. 99): „A zatem przez rozwój będziemy rozumieli jedynie takie zmiany w życiu ekonomicznym, które nie są mu narzucone z zewnątrz, lecz powstają z jego własnej inicjatywy”.

W efekcie pojawienia się innowacji następuje zakłócenie równowagi, co jednocześnie zmusza przedsiębiorców do wprowadzenia zmian w swej działalności przez wykorzystanie nowych technologii, produkowanie nowych towarów, znalezienie nowych rynków zbytu itp.

Pojęcie innowacji rozumianej szeroko jako główny czynnik ekonomicznych zmian J.A. Schumpeter poddał analizie. Podzielił innowacje na pięć rodzajów (Schumpeter 1960):

- 1) wytworzenie nowego towaru lub wprowadzenie na rynek towaru o nowych właściwościach,
- 2) wykorzystanie nowej metody produkcyjnej,
- 3) znalezienie nowego rynku zbytu dla istniejących już towarów,
- 4) zdobycie nowych źródeł surowców,
- 5) wprowadzenie nowej gospodarczej organizacji produkcji, czyli pojawienie się na rynku nowego uczestnika – producenta.

Jednocześnie oprócz innowacji J.A. Schumpeter wyróżnił dwa inne rodzaje zmian występujących w procesie rozwoju gospodarczego: inwencję (*invention*) oraz naśladownictwo (*imitation*). Inwencja jest warunkiem koniecznym pojawienia się rozwoju gospodarczego, ponieważ jest to odkrycie naukowe lub wynalazek techniczny, które stwarzają możliwości innowacyjne. Zastosowanie inwencji oznacza wprowadzenie innowacji, przez które dokonuje się rozwój, a nieprzerwany ciąg inwencji określa postęp techniczny. Jeżeli innowacja zostanie zastosowana kolejny raz, przez adaptację czy dyfuzję zachodzi nowy rodzaj zmian, zwany procesem imitacji. Warto podkreślić, że w ujęciu J.A. Schumpetera inwencje oraz imitacje mają ciągły przebieg, natomiast innowacje to zmiany nieciągłe, skokowe, stąd ich niepowtarzalność.

Występowanie innowacji jako przyczyny powstawania wewnętrznych zmian ekonomicznych w procesie rozwoju gospodarczego jest warunkiem koniecznym, ale niewystarczającym do rozwoju, ponieważ potrzebni są jeszcze przedsiębiorcy, zwani innowatorami, którzy je zrealizują. Jednocześnie ich realizacja wymaga posiadania przez przedsiębiorców niezbędnych do tego środków finansowych,

które nie istniały w stanie statycznym, ponieważ stan równowagi oznacza zerowy zysk ze względu na pełne wykorzystanie czynników produkcji. Oznacza to, że innowacje mogą być realizowane tylko przez kredyt, który nie istniał w gospodarce statycznej, a działalność innowacyjna przedsiębiorcy, będąca źródłem jego zysku, polega na realizowaniu innowacji za pomocą kredytu. W takiej sytuacji ważną rolę odgrywają banki jako pośrednicy pomiędzy producentami, którzy chcą zrealizować nowe kombinacje, a pozostałymi uczestnikami rynku. Dzięki bankom przedsiębiorcy otrzymują dobra ze społecznych zasobów (w postaci kredytów), zanim sami jeszcze ten zasób zasilili.

Warto zwrócić uwagę na fakt, że w ruchu okrężnym, czyli gospodarce statycznej, istniejące środki pieniężne są stałe, ponieważ gospodarka nie wytwarza nowych środków finansowych, natomiast w gospodarce dynamicznej banki mają możliwość zwiększenia globalnej podaży kredytu przez kreację pieniądza, który tylko częściowo ma pokrycie w ich zasobach. W rezultacie banki nie tylko przesuwają siłę nabywczą, ale również ją tworzą, umożliwiając finansowanie innowacji, co jednocześnie oznacza, że przedsiębiorca nie musi być właścicielem kapitału, by je wprowadzić. Zgodnie z teorią Schumpetera taki mechanizm kreacji kredytu jest jednym z głównych wyróżników społeczeństwa kapitalistycznego.

Bezpośrednim celem przedsiębiorcy jest uzyskanie zysku, który w warunkach gospodarki rynkowej jest jednym z najważniejszych kryteriów oceny powodzenia jego działalności. Przez wprowadzenie innowacji producent innowator osiąga zysk będący różnicą między wpływami a wydatkami przedsiębiorstwa. Jeśli działalność związana jest z obniżeniem indywidualnych kosztów wytworzenia dobra przez wprowadzenie nowych metod produkcji, to przy sprzedaży tego dobra po dotychczasowych cenach zysk producenta pochodzi z oszczędności w zakresie tych kosztów. Tego typu zysk uzyskiwany jest przy innowacjach polegających na zmianach w organizacji wytwarzania lub na znalezieniu tańszego źródła zaopatrzenia w czynniki produkcji. Natomiast w przypadku wytwarzania nowego dobra, które lepiej zaspokaja istniejące potrzeby, zysk przedsiębiorcy innowatora może być związany z otrzymaniem cen wyższych niż ceny towarów dotychczas produkowanych. Jeśli innowacja polega na pozyskaniu nowych rynków zbytu, na których nowy towar dotychczas nie występował, najczęściej nowi nabywcy zdecydowani są płacić wyższe ceny, które nie mają związku z kosztami produkcji. Widać więc, że w zależności od rodzaju wprowadzanej innowacji źródła zysku mogą znajdować się zarówno po stronie podażowej, jak i po stronie popytowej. Oznacza to, że zysk powstaje w warunkach dynamiki gospodarczej, chęć jego zdobycia staje się przyczyną rozwoju gospodarczego, a jego konsekwencją jest pojawienie się procentu, czyli opodatkowania zysku. Zgodnie z teorią Schumpetera procent produkcyjny stanowi opłatę, którą przedsiębiorca musi zapłacić właścicielowi kapitału za udostępnioną siłę nabywczą skoncentrowaną w systemie

bankowym. Oznacza to, że procent jest nierozzerwalnie związany z kapitałem, a warunkiem jego istnienia jest zysk.

Zmianom innowacyjnym, będącym podstawowym czynnikiem rozwoju gospodarczego, często towarzyszy zjawisko twórczej destrukcji, które jest syntezą procesów innowacyjnych i eliminacyjnych. Zjawisko to związane jest głównie z eliminacją z rynku firm, które nie przystosowały się do zmian zachodzących w procesie transformacji innowacyjnych systemu gospodarczego. Wprowadzaniu na rynek nowych produktów, nieznanych wcześniej technologii czy nowatorskich kombinacji czynników produkcji towarzyszy z jednej strony powstawanie i rozwój nowych gałęzi przemysłu, a z drugiej niszczenie już istniejących produktów, przedsiębiorstw i starych gałęzi produkcji. Zgodnie z teorią Schumpetera twórcza destrukcja jest długofalowym procesem ewolucyjnym przejawiającym się w wielu aspektach życia gospodarczego, politycznego i społecznego, a jego skutki mogą być zarówno pozytywne, jak i negatywne.

Zauważmy, że ruch okrężny i rozwój gospodarczy związany ze zjawiskiem twórczej destrukcji nie są kategoriami całkowicie rozłącznymi – mogą się one przenikać, ponieważ proces innowacyjny może powodować jakościowe zmiany tylko w części gospodarki. Ponadto rozwój gospodarczy pojawia się jako efekt zachwiania równowagi ruchu okrężnego. Historia również potwierdza, że ruch okrężny i rozwój są często procesami przenikającymi się.

W badaniach tych dwóch głównych kategorii życia gospodarczego J.A. Schumpeter wykorzystał dwie metody: analizę statyczną systemu ekonomicznego do badania ruchu okrężnego oraz analizę dynamiczną do badania zmian innowacyjnych zachodzących w danej gospodarce i zjawisk, które są ich następstwem. Głównym problemem rozpatrywanym w jego teorii była klasyfikacja i analiza podstawowych czynników powodujących naruszenie równowagi, czyli głównych przyczyn rozwoju gospodarczego.

Schumpeterowska koncepcja innowacji wydaje się szczególnie ważna obecnie, gdy rozwój wielu krajów opiera się na innowacjach będących źródłem postępu technicznego (np. Byrski 1986, Clark 2003, Drucker 1992, Foster 2011, *Innovation, Industrial...* 2007, Krafft 2007).

1.5. Rola sfery popytowej w innowacyjnym rozwoju gospodarczym

Zjawisko konsumpcji, chociaż występuje od zarania dziejów, przez wiele wieków pozostawało poza głównym nurtem badań ekonomicznych, a wiedza o nim była bardzo niewielka. Zmiana w podejściu do tego zjawiska nastąpiła w XVIII w. na skutek rewolucji przemysłowej, która przyspieszyła wzrost konsumpcji. Prze-

łom w badaniach nad sferą popytową gospodarki nastąpił w latach 30. XX w., gdy J.M. Keynes stwierdził, że konsumpcja jest jedynym i ostatecznym celem działalności gospodarczej (1936, 1985). Potwierdzenie tej tezy widać w przebiegu zjawisk rynkowych oraz rozwoju konsumpcji w XX i XXI w.

Wpływ konsumentów na zmiany innowacyjne w rozwoju gospodarczym był od dawna obserwowany w gospodarkach wielu krajów, ale szczególnie widoczny stał się w dobie internetu, gdy wymiana informacji i opinii stała się łatwa i tania. Ekonomiczne i społeczne przemiany zachodzące w XX i XXI w. wpłynęły na rozwój teorii innowacji oraz procesów innowacyjnych, ale również na powstawanie nowych, bardziej złożonych i odpowiadających rzeczywistości modeli rozwoju innowacyjnego. Zgodnie z najnowszymi teoriami innowacje są rezultatem licznych, złożonych interakcji między wszystkimi uczestnikami rynku, a także elementami środowiska, w którym oni działają. Stąd pojawiła się idea aktywnej roli sfery popytowej jako źródła zmian innowacyjnych w całej gospodarce. Jedną z najważniejszych teorii w tym zakresie jest koncepcja otwartych innowacji (*open innovation*), według której firmy, które chcą osiągnąć sukces, działając w warunkach globalnej konkurencji we współczesnym świecie, nie mogą polegać tylko na swoich badaniach, ale powinny dzielić się wiedzą oraz wykorzystywać pomysły innych firm czy klientów (konsumentów) (np. Chesbrough 2002, 2003). Idea ta spowodowała, że zaczęto przypisywać większe znaczenie sferze popytowej w powstawaniu innowacji oraz ich dyfuzji. Znajduje to potwierdzenie w działalności wielu producentów, dla których konsumenci są współtwórcami nowych rozwiązań, biorą udział w początkowych fazach procesu innowacyjnego, są stymulatorami, wykonawcami i recenzentami innowacji. Oznacza to, że aktywność innowacyjna lub proinnowacyjna konsumentów może występować na każdym etapie procesu innowacyjnego: w momencie tworzenia innowacji, w czasie podejmowania decyzji o realizacji innowacyjnego planu produkcji oraz w procesie dyfuzji innowacji.

Jedną z pierwszych koncepcji dotyczących wpływu konsumentów na tworzenie innowacji była sformułowana przez E. von Hippela (1986, 2005) koncepcja wiodących użytkowników (*lead users*). Zgodnie z tą teorią niektórzy konsumenci nie tylko są użytkownikami danego produktu, ale również wprowadzają w nim innowacje, dostosowując go do własnych potrzeb. W rezultacie innowacyjność takiego konsumenta staje się źródłem procesu innowacyjnego. Teoria ta znalazła potwierdzenie w badaniach empirycznych, które wykazały, że sfera popytowa gospodarki bierze aktywny udział w ulepszaniu produktów czy usług (Lilien i in. 2002, Schreier i Prügl 2008). W rezultacie nastąpiła zmiana paradygmatu w nauce o innowacjach – przejście od systemu zamkniętego, w którym główną rolę odgrywają producenci, do systemu otwartego, w którym autorami innowacji bardzo często są konsumenci, użytkownicy produktów.

Drugą ważną teorią związaną z wpływem konsumentów na kreowanie nowości jest popytowe podejście do innowacji (*user driven innovation*) (np. Franke 2014). Zgodnie z nią sfera produkcji stara się zaspokoić oczekiwania konsumentów, czyli produkować towary z uwzględnieniem potrzeb klientów i przy systematycznym zaangażowaniu użytkowników w proces rozwoju przedsiębiorstwa. Oznacza to włączenie konsumentów w proces tworzenia innowacyjnych produktów lub usług.

Trzecią koncepcją dotyczącą wykorzystania wiedzy obecnych bądź przyszłych konsumentów na temat produktu jest *crowdsourcing* (np. Howe 2006). Przedsiębiorstwa, odwołując się do „mądrości tłumu”, angażują społeczność, wykorzystując pojedyncze sądy i opinie uczestników w przygotowaniu prognozy rynkowej lub nakreśleniu strategii firmy. Oznacza to współpracę konsumentów oraz producentów przez zbiorowe dzielenie się wiedzą.

Współczesne podejście do procesu innowacji, oparte na wspomnianych trzech koncepcjach, wpłynęło na potrzebę nowego spojrzenia na wcześniejsze teorie dotyczące rozwoju gospodarczego oraz na ich modyfikację. W tym zakresie tradycyjna teoria Schumpetera również wymagała uzupełnienia.

W schumpeterowskiej teorii rozwoju gospodarczego (Schumpeter 1912, 1960) głównymi przyczynami ekonomicznych zmian są innowacje, czyli nowe kombinacje produkcyjne i handlowe, wprowadzane przez przedsiębiorców innowatorów i finansowane przez banki. W procesie tym zmiany w sferze popytowej są efektem wtórnym innowacji, czyli wynikają z użytkowania wytworów innowacji, a jednocześnie konsumenci pozostają bierni, charakteryzując ich rutynowe zachowania. Jedyne zmiany w ich aktywności to zmiany w preferencjach wymuszone wprowadzaniem innowacji. Postępujący rozwój innowacji przyczynił się do rozszerzenia pojmowania tego zjawiska i różnicowania poglądów na temat przebiegu oraz efektów procesów innowacyjnych. Stąd współczesna literatura dotycząca ewolucji ekonomicznej coraz częściej porusza problem aktywnego udziału strony popytowej w tym zjawisku (np. Aversi i in. 1999, Onatski i Williams 2003, Saam 2005). W rezultacie pojawiła się potrzeba modyfikacji formalnego ujęcia tej teorii, tak by uwzględniony został aktywny udział konsumentów na wszystkich etapach procesów innowacyjnych.

Idea zaznaczenia aktywnej roli sfery popytowej w formalnym ujęciu teorii Schumpetera pojawiła się w pracy R. Nelsona i S. Wintera (1982) i jest obecna w nurcie neoschumpeterowskim (np. Saam 2005, Clark i Goldsmith 2006, Green i in. 2002, Lesourne 2007, Saviotti i Pyka 2004, 2012). R.R. Nelson i S.G. Winter w swojej książce, inaczej niż w głównym nurcie badań ekonomii neoklasycznej, zwrócili uwagę na wpływ wiedzy i umiejętności pracowników firmy na kształtowanie jej polityki proinnowacyjnej i na nieefektywność założenia o kryterium maksymalnego zysku oraz równowagi rynkowej w analizie technologicznego rozwoju innowacyjnego oraz konkurencji innowacyjnej. Założenie to zastąpili kon-

cepcją selekcji naturalnej, zgodnie z którą firmy, dążąc do zwiększenia zysków, nie kierują się potrzebą uzyskania maksymalnych zysków, wykazują natomiast tendencję do wyeliminowania z rynku przedsiębiorstw mniej rentownych.

Pomimo rosnącego zainteresowania działaniami strony popytowej jako ważnego uczestnika ewolucji innowacyjnej, np. jako determinującego proces dyfuzji innowacji (np. Rogers 2003), jako uczestnika rynku wpływającego na konkurencję innowacyjną (Saam 2005) lub jako odbiorcę nowych produktów charakteryzującego się proinnowacyjnymi preferencjami (Clark i Goldsmith 2006), a także jako ważnego elementu w ewolucyjnych modelach popytu i innowacji (np. Saviotti i Pyka 2004, 2012), rola konsumenta w formalnych modelach ekonomii ewolucyjnej ciągle wydaje się niedoprecyzowana.

1.6. Metoda aksjomatyczna w ekonomii

Praca należy do ekonomii teoretycznej, zapoczątkowanej w latach 30. XX w., w której podstawową metodą badania danego problemu ekonomicznego jest metoda aksjomatyczna, polegająca na nadaniu danemu modelowi ekonomicznemu postaci aksjomatycznego systemu dedukcyjnego. Trzeba jednak zwrócić uwagę, że metoda ta bardzo rzadko pojawia się w polskiej literaturze ekonomicznej, ponieważ: „rozkwit i ekspansja metody aksjomatycznej w ekonomii dokonywały się w okresie, gdy żelazna kurtyna oddzielająca polską myśl ekonomiczną od światowej była najszczelniejsza. Obecne zaś otwarcie się polskiej ekonomii ma wyraźną orientację empiryczną i biznesową” (Małowski 1999, s. 10).

Pierwsze prace ekonomiczne, w których główną metodą analizy była metoda aksjomatyczna, dotyczyły teorii równowagi ogólnej (np. Walras 1874, Wald 1936, Neumann 1955). Zaproponowane w nich modele formalne stały się podstawą dalszych analiz i modyfikacji, które w rezultacie wykorzystane zostały do nadania teoriom ekonomicznym postaci aksjomatycznych systemów dedukcyjnych stworzonych w języku matematyki. W takim ujęciu wyniki badań mają postać twierdzeń matematycznych interpretowanych w języku ekonomicznym, a każda argumentacja oparta jest na formalnej dedukcji.

Największy rozwój tej metody nastąpił w latach 50. XX w., kiedy aksjomatyzacji poddano wiele działów ekonomii, m.in. teorię preferencji, teorię wyborów społecznych, teorię gier ekonomicznych. Liczne jej zastosowania w ekonomii, a zwłaszcza w teorii ekonomii, można znaleźć w pracy *Handbook of Mathematical Economics* (1981, 1982, 1986, 1991). Główną cechą aksjomatyzacji danego zagadnienia ekonomicznego jest wykorzystanie narzędzi matematycznych jako podstawowej i najważniejszej metody służącej do celów badawczych, a nie tylko do przedstawienia wyników badań. Ponadto za pomocą tej metody usiłuje się roz-

wiązać nie pojedyncze, cząstkowe zagadnienia teorii ekonomicznej, ale dąży się do uchwycenia procesu gospodarczego w całej jego złożoności.

Konstrukcja teorii aksjomatycznej obejmuje następujące etapy:

- 1) wybór pierwotnych pojęć ekonomicznych reprezentowanych przez pewne obiekty matematyczne o ustalonych aksjomatycznie własnościach,
- 2) konstrukcja odpowiedniej przestrzeni matematycznej,
- 3) aksjomatyczne definiowanie innych pojęć,
- 4) dedukcyjne dowodzenie twierdzeń.

Warto zauważyć, że takie formalne ujęcie danego problemu ma wiele zalet, m.in.: stosowany język jest bardziej zwięzły i precyzyjny, można korzystać z bogactwa twierdzeń matematycznych, model formalny pozwala na badanie ogólnego przypadku n -wymiarowego, a opierając się na modelu formalnym można metodą dedukcyjną dowodzić twierdzeń, które trudno byłoby wyprowadzić indukcyjnie na podstawie istniejącego zasobu wiedzy. Jednocześnie aksjomatyczne podejście do problemów ekonomicznych wzbudza wiele kontrowersji, a głównym zarzutem jest wyabstrahowanie teorii ze świata rzeczywistego. Należy jednak pamiętać, że modele formalne, chociaż nie opisują rzeczywistych systemów gospodarczych, pełnią funkcję heurystyczną w badaniach empirycznych, gdyż przez uporządkowanie pojęć i twierdzeń nauki mogą one wskazać, jakie wielkości czy parametry ekonomiczne są istotne w odniesieniu do badanych współzależności i winny być obserwowane bądź mierzone, co w rezultacie pozwala na skonfrontowanie modelu formalnego z empirycznymi danymi.

Pierwszą, a zarazem najpełniejszą realizacją tego typu konstrukcji była aksjomatyzacja problemu istnienia ogólnej równowagi konkurencyjnej L. Walrasa (1874) oraz jego rozwiązanie za pomocą metody aksjomatycznej przedstawione w monografii G. Debreu (1959). Jednocześnie walrasowska idea i metoda równowagi ogólnej stała się twórczą inspiracją dla teorii rozwoju gospodarczego J.A. Schumpetera. Schumpeterowska teoria ewolucji ekonomicznej została sformułowana i zaprezentowana (1912, 1942, 1964) bez użycia jakichkolwiek wzorów formalnych czy modeli matematycznych, ponieważ jej autor wątpił w możliwość uchwycenia całego bogactwa życia gospodarczego w formułach matematycznych i sam stosował bardzo ubogą symbolikę matematyczną w swoich wywodach teoretycznych. W rezultacie teoria rozwoju gospodarczego J.A. Schumpetera, chociaż ciągle aktualna i wzbudzająca duże zainteresowanie wśród ekonomistów, bardzo długo pozostawała na marginesie głównego nurtu badań współczesnej ekonomii. Główną przyczyną jest ujęcie tej teorii w języku potocznym, co różni ją od teorii nowoczesnej ekonomii w podejściu zarówno neoklasycznym, jak i postkeynesowskim (neokeynesowskim).

W tym kontekście zrodził się pomysł konstrukcji jednolitego, ogólnego modelu matematycznego, który w sposób spójny opisałby podstawowe formy życia gospo-

darczego, a jednocześnie spełniłby postulaty racjonalności, takie jak ścisłość i prostota. Tego typu formalne modelowanie wizji J.A. Schumpetera, wykorzystujące teorię równowagi ogólnej w ujęciu Debreu, zainicjowane zostało w latach 90. XX w. i jest nadal kontynuowane (np. Malawski 1999, 2005, Ciałowicz 2014a, 2014b, 2015, 2016, Ciałowicz i Malawski 2011, 2012, 2013, 2016, *Innovative Economy...* 2013, Lipieta i Malawski 2016). Najpierw podstawowe kategorie teorii rozwoju gospodarczego Schumpetera, takie jak: innowacje, ruch okrężny, twórcza destrukcja czy rozwój gospodarczy, poddane zostały analizie aksjomatycznej, co w rezultacie nadało jej postać ścisłej teorii matematycznej w ujęciu statycznym i dynamicznym. Ujęcie to różni się od charakterystycznego dla głównego nurtu nowoczesnego modelowania ewolucji schumpeterowskiej, ponieważ wykorzystuje teoriomnogościowy i topologiczny aparat pojęciowy teorii równowagi ogólnej Walrasa, statyczny model ekonomii Debreu z własnością prywatną i z pieniądzem, a także jakościową teorię systemów dynamicznych.

Prezentowana praca jest rozwinięciem formalnego modelu teorii Schumpetera. Porusza problem aktywnego udziału sfery popytowej w innowacyjnym rozwoju gospodarczym oraz innowacyjności konsumentów, co nie było dotychczas analizowane w takim ujęciu.

W realizacji sformułowanego celu badawczego posłużono się:

- 1) zmodyfikowanym modelem ekonomii Debreu z własnością prywatną i z pieniądzem,
- 2) aparatem pojęciowym formalnego ujęcia teorii równowagi ogólnej Arrowa-Debreu,
- 3) matematyczną teorią układów dynamicznych.

Użycie pierwszego i drugiego narzędzia jest uzasadnione tym, że schumpeterowski ruch okrężny oparty jest na walrasowskiej koncepcji równowagi ogólnej, a jej nowoczesne ujęcie stanowią modele Arrowa-Debreu. Z kolei w swej uogólnionej jakościowo wersji, w której quasi-półdynamiczne układy są rozumiane jako grupy wielowartościowych przekształceń określonych na przestrzeni metrycznej, matematyczna teoria układów dynamicznych sformułowana jest w tym samym języku co topologiczno-mnogościowe modele Arrowa-Debreu i trzecie z wymienionych narzędzi wykorzystuje się do ich dynamizacji, tak by można było modelować ewolucję danego systemu w czasie.

Jedną z najważniejszych tendencji występujących we współczesnej nauce jest jej postępująca matematyzacja. W przypadku modelowania innowacyjnej ekonomii ewolucyjnej w aparacie pojęciowym teorii równowagi ogólnej proces ten zdaje się zbliżać ekonomię J.A. Schumpetera do ekonomii głównego nurtu. Przedstawiona praca stanowi formalny model neoschumpeterowskiej teorii popytu i jak wszystkie tego typu modele dotyczy określonego podmiotu gospodarczego i posiada charakterystyczny własny język. Konstrukcja tego typu modeli formal-

nych oraz ich badanie należy do podejścia badawczego w ekonomii, które ma następujące zalety (Kornai 1977):

1) modele formalne pomagają skonstruować strukturę teoretyczną nauki w postaci uporządkowanego systemu twierdzeń oraz eliminować ewentualne sprzeczności między nimi i przyjętymi założeniami;

2) na podstawie modelu formalnego można metodą dedukcyjną dowodzić twierdzeń, które trudno byłoby wyprowadzić indukcyjnie, opierając się na istniejącym zasobie wiedzy;

3) modele formalne pełnią funkcję rolę heurystyczną w stosunku do badań empirycznych, ponieważ przez uporządkowanie pojęć i twierdzeń nauki mogą wskazać, jakie wielkości czy parametry ekonomiczne są istotne dla badanego zjawiska ekonomicznego i powinny być obserwowane bądź mierzone.

2. Model ekonomii Debreu oraz jego modyfikacje i rozszerzenia

2.1. Model ekonomii Debreu z własnością prywatną i z pieniądzem

2.1.1. Uwagi wstępne

Teoria rozwoju gospodarczego J.A. Schumpetera, pomimo swojej aktualności, znajduje się poza głównym nurtem badań współczesnej ekonomii. Stąd pojawiła się potrzeba powiązania jej z teorią równowagi ogólnej w ujęciu Arrowa-Debreu, tak by omawiana problematyka przyjęła postać teorii aksjomatycznej. W tym celu formalny model ekonomii Debreu z własnością prywatną E w ujęciu statycznym (Debreu 1959, *Innovative Economy...* 2013) został zmodyfikowany przez wprowadzenie sfery finansowej (Ciałowicz i Malawski 2011). Ekonomia Debreu ma postać wielozakresowego systemu relacyjnego i jest połączeniem systemów produkcji P oraz konsumpcji K , co odzwierciedla podział gospodarki na część podażową i popytową. Model ten jest jednym z najbardziej ogólnych modeli gospodarki konkurencyjnej, a jednocześnie był jednym z pierwszych modeli rozważanych w nowoczesnej teorii równowagi ogólnej. Warto przypomnieć, że koncepcja równowagi ogólnej w ekonomii opiera się na systemie zależności funkcjonalnych opisujących stan gospodarki, w którym wszystkie gałęzie są jednocześnie zrównoważone wewnątrznie i znajdują się w równowadze między sobą.

2.1.2. System produkcji

System produkcji jest reprezentowany przez dwuzakresowy system relacyjny w postaci: $P = (B, \mathbb{R}^\ell, Ch_P)$, gdzie $Ch_P = (y, p, \eta, \pi)$ jest charakterystyką systemu P , przy czym:

- $B = \{b: b = 1, \dots, n\}$ jest skończonym zbiorem producentów;
- \mathbb{R}^ℓ jest ℓ -wymiarową przestrzenią towarów i cen, co oznacza, że na rynku istnieje skończona liczba towarów, przy czym ilość każdego z nich jest reprezento-

wana przez dowolną liczbę rzeczywistą. Pod pojęciem towaru rozumiemy pewne dobro lub usługę, które służą zaspokojeniu czyjejs potrzeby ujawnionej przez popyt na ten towar. Oznacza to, że wśród wszystkich towarów rozważane są różne rodzaje prac wykonywanych przez konsumentów zatrudnionych u producentów. Wymiar tej przestrzeni informuje nas o liczbie towarów funkcjonujących na rynku. Przyjmujemy przy tym, że wszystkie towary są nieskończenie podzielne, stąd ich ilość może być wyrażona w dowolnej liczbie rzeczywistej. Jeśli ilość pewnego towaru jest wyrażona liczbą ujemną, oznacza to, że dla producenta reprezentuje on wielkość przez niego zużywaną. Jest to zgodne z konwencją „wejście–wyjście”, w której wejściami są towary zużywane, a wyjściami – towary dostarczane. Dla producentów wejściami są środki produkcji, surowce itp., a wyjściami – wyroby powstałe w procesie produkcji. Przestrzeń \mathbb{R}^ℓ jest jednocześnie interpretowana jako przestrzeń cen, w której dana współrzędna każdego wektora określa cenę jednostkową tego samego towaru, przy czym może ona być określona przez dowolną liczbę rzeczywistą. Współrzędne wektora cen odpowiadające pracy możemy interpretować jako płacę za jednostkę pracy (np. za godzinę). Stąd wektory przestrzeni \mathbb{R}^ℓ interpretujemy jako plany działania producentów lub wektory cen.

W przestrzeni \mathbb{R}^ℓ rozważa się standardowe nierówności między wektorami $x, y \in \mathbb{R}^\ell$, $x = (x_1, \dots, x_\ell)$, $y = (y_1, \dots, y_\ell)$, wykorzystywane w wielu definicjach:

- 1) $x \leq y \stackrel{\text{def}}{\iff} \forall k \in \{1, \dots, \ell\} x_k \leq y_k$,
- 2) $x < y \stackrel{\text{def}}{\iff} x \leq y \wedge x \neq y$,
- 3) $x \ll y \stackrel{\text{def}}{\iff} \forall k \in \{1, \dots, \ell\} x_k < y_k$.

- $\gamma \subset B \times P_0(\mathbb{R}^\ell)$ jest korespondencją zbiorów produkcyjnych, która każdemu producentowi $b \in B$ przypisuje niepusty zbiór produkcji $\gamma(b) := Y_b \subset \mathbb{R}^\ell$ reprezentujący możliwą dla niego technologię wytwarzania. Każdy element $y_b \in Y_b$ tego zbioru jest ℓ -wymiarowym wektorem, a poszczególne jego współrzędne mogą przyjmować wartości dodatnie (wyroby danego producenta), ujemne (towary zużywane w procesie produkcji, np. surowce, półprodukty, maszyny, praca) oraz zerowe (towary, które nie biorą udziału w danym planie produkcyjnym);

- $p \in \mathbb{R}^\ell$ jest wektorem cen, w którym każda współrzędna $p_h \in \mathbb{R}$ opisuje cenę jednostki towaru h (gdzie $h = 1, \dots, \ell$). Cena ta może być liczbą dodatnią dla towarów rzadkich, równą zero dla towarów wolnych lub ujemną dla towarów szkodliwych. System cen pozwala na wartościowanie działań producentów w przestrzeni towarów. Zakładamy przy tym, że opisywany rynek działa zgodnie z zasadą konkurencji doskonałej, czyli żaden podmiot gospodarczy nie uczestniczy w łącznym rynku w stopniu dość wysokim, by mógł wywierać jakikolwiek wpływ na cenę rynkową;

- $\eta \subset B \times P(\mathbb{R}^\ell)$ jest korespondencją podaży, taką że dla każdego producenta $b \in B$, $\eta(b) := \eta_b(p) := \{y'_b \in Y_b : py'_b = \max_{y_b \in Y_b} py_b\} \neq \emptyset$. Przy standardowym zało-

zeniu zwartości zbiorów produkcji, wartość korespondencji podaży jest zbiorem niepustym dla każdego producenta;

- $\pi \subset B \times \mathbb{R}$ jest funkcją zysku maksymalnego, która każdemu producentowi przypisuje wartość największego możliwego zysku, osiąganego z realizacji optymalnego planu produkcji, czyli dla każdego $b = 1, \dots, n$ $\pi(b) := \pi_b(p) := \max_{y_b \in Y_b} py_b$.

W systemie tym każdy producent b ze zbioru B działa w ℓ -wymiarowej przestrzeni towarów, a jego aktywność jest ograniczona do zbioru planów produkcji technologicznie dla niego możliwych. Rola producenta polega na wyborze oraz realizacji takiego planu produkcji, który przy danym systemie cen przyniesie mu największy zysk.

2.1.3. System konsumpcji

Drugą grupę podmiotów gospodarczych w omawianym modelu gospodarki stanowią konsumenci. Działalność konsumenta polega na wyborze pewnego planu konsumpcyjnego (koszyka towarów) zgodnie z pewnymi ograniczeniami i ustalonymi kryteriami.

Formalny model systemu konsumpcji ma postać trójzakresowego systemu relacyjnego $K = (A, \mathbb{R}^\ell, Pref, Ch_K)$, gdzie $Ch_K = (x, e, \varepsilon, p, \beta, \varphi)$ jest charakterystyką systemu K , przy czym:

- $A = \{a: a = 1, \dots, m\}$ jest skończonym zbiorem konsumentów;
- $Pref \subset \mathbb{R}^\ell \times \mathbb{R}^\ell$ jest rodziną wszystkich relacji preferencji zdefiniowanych na przestrzeni towarów. Zakładamy przy tym, że (słaba) relacja preferencji \preccurlyeq ma własności:

- 1) \preccurlyeq jest zwrotna $\stackrel{def}{\iff} \forall x \in \mathbb{R}^\ell \ x \preccurlyeq x$,
- 2) \preccurlyeq jest przechodnia $\stackrel{def}{\iff} \forall x, \tilde{x}, \hat{x} \in \mathbb{R}^\ell (x \preccurlyeq \tilde{x} \wedge \tilde{x} \preccurlyeq \hat{x}) \Rightarrow x \preccurlyeq \hat{x}$,
- 3) \preccurlyeq jest spójna $\stackrel{def}{\iff} \forall x, \tilde{x} \in \mathbb{R}^\ell \ x \preccurlyeq \tilde{x} \vee \tilde{x} \preccurlyeq x$,
- 4) \preccurlyeq jest ciągła (domknięta) $\stackrel{def}{\iff} \forall x \in \mathbb{R}^\ell$ zbiory $\{\tilde{x} \in \mathbb{R}^\ell: x \preccurlyeq \tilde{x}\}$ oraz $\{\tilde{x} \in \mathbb{R}^\ell: \tilde{x} \preccurlyeq x\}$ są domknięte;

- $x \subset A \times P_0(\mathbb{R}^\ell)$ jest korespondencją zbiorów konsumpcji, która każdemu konsumentowi $a \in A$ przypisuje niepusty zbiór konsumpcji $x(a) := X_a \subset \mathbb{R}^\ell$ reprezentujący plany konsumpcji możliwe do realizacji ze względu na ograniczenia wynikające ze struktury psychofizycznej jednostki. Każdy element $x_a \in X_a$ tego zbioru jest ℓ -wymiarowym wektorem, a poszczególne jego współrzędne mogą przyjmować wartości dodatnie (towary konsumpcyjne), ujemne (praca konsumenta, która jest dla niego źródłem zarobku) oraz zerowe (towary, które nie są ujęte w danym planie konsumpcyjnym);

- $e \subset A \times \mathbb{R}^\ell$ jest odwzorowaniem zasobu początkowego, takim że dla każdego konsumenta $a \in A$ $e(a) := e_a \in X_a$. Zakładamy przy tym, że $e_a > 0$, czyli każdy

konsument jest właścicielem co najmniej jednego dobra. Wartość zasobu początkowego danego konsumenta zależy od wektora cen obowiązujących na rynku i wynosi: $w_a := pe_a \in \mathbb{R}^1$;

- $\varepsilon \subset A \times P(\mathbb{R}^\ell \times \mathbb{R}^\ell)$ jest korespondencją, która każdemu konsumentowi $a \in A$ przypisuje indywidualną relację preferencji $\preccurlyeq_a \in Pref$ (zawężoną do zbioru konsumpcji X_a), przy czym każdy konsument zachowuje się racjonalnie (czyli jego relacja preferencji spełnia własności 1–3) oraz zakładamy dodatkowo, że relacja preferencji jest ciągła², nienasycona³ oraz wypukła⁴. Relacja ta określa kryteria, według których konsument dokonuje wyboru, i opiera się na jego indywidualnych potrzebach, gustach i upodobaniach. Relacja preferencji konsumenta a reprezentowana jest przez funkcję użyteczności $u_a: X_a \rightarrow \mathbb{R}$, taką że dla dowolnych dwóch koszyków towarów $x, \tilde{x} \in X_a$, $x \preccurlyeq_a \tilde{x} \Leftrightarrow u_a(x) \leq u_a(\tilde{x})$, tzn. preferowanym koszykiem towarów jest przypisana większa wartość funkcji użyteczności. Jednocześnie za pomocą (słabej) relacji preferencji \preccurlyeq_a możemy zdefiniować relację silnej (lub ścisłej) preferencji konsumenta $\prec_a \subset \mathbb{R}^\ell \times \mathbb{R}^\ell$, taką że dla dowolnych $x, \tilde{x} \in X_a$ spełniony jest warunek: $\tilde{x} \prec_a x \stackrel{def}{\Leftrightarrow} \tilde{x} \preccurlyeq_a x \wedge \sim(x \preccurlyeq_a \tilde{x})$, oraz relację obojętności $\sim_a \subset \mathbb{R}^\ell \times \mathbb{R}^\ell$, taką że dla dowolnych $x, \tilde{x} \in X_a$ spełniony jest warunek: $\tilde{x} \sim_a x \stackrel{def}{\Leftrightarrow} \tilde{x} \preccurlyeq_a x \wedge x \preccurlyeq_a \tilde{x}$;

- $\beta \subset A \times P_0(\mathbb{R}^\ell)$ jest korespondencją zbiorów budżetowych, która przy danym wektorze cen p , każdemu konsumentowi $a \in A$ przypisuje niepusty zbiór planów konsumpcji możliwych do realizacji ze względu na ograniczenia budżetowe: $\beta_a = \beta(a) := \beta_a(p, e_a) := \{x_a \in X_a: px_a \leq pe_a\}$;

- $\varphi \subset A \times P_0(\mathbb{R}^\ell)$ jest korespondencją popytu, taką że dla każdego konsumenta $a \in A$ $\varphi(a)$ jest niepustym zbiorem planów konsumpcji optymalnych dla niego ze względu na jego relację preferencji, tzn. $\varphi_a = \varphi(a) := \varphi_{(\varepsilon(a), p, e_a)}(a) := \{x_a^* \in \beta_a: \forall x \in \beta_a x \preccurlyeq_a x_a^*\}$.

W tak opisanym systemie każdy konsument $a \in A$ charakteryzowany jest przez zbiór konsumpcji X_a , zasób początkowy e_a oraz relację preferencji \preccurlyeq_a , a jego rola polega na wyborze i realizacji planu konsumpcyjnego z jego zbioru budżetowego, najlepszego dla niego ze względu na relację preferencji. Wybranie takiego optymalnego działania oznacza określenie wielkości każdego dobra, które konsument chce skosztować oraz wielkości każdego rodzaju pracy, która jest dla niego źródłem dochodu.

¹ Nierówność $e_a > 0$ oznacza, że każda współrzędna wektora zasobu początkowego jest liczbą nieujemną, a co najmniej jedna z nich jest dodatnia (pkt 2.1.2).

² Warunek 4 definicji relacji preferencji (pkt 2.1.3).

³ Relacja preferencji \preccurlyeq_a jest nienasycona w zbiorze X_a , jeżeli $\forall x \in X_a \exists \hat{x} \in X_a: x \prec_a \hat{x}$.

⁴ Relacja preferencji \preccurlyeq_a jest wypukła w wypukłym zbiorze X_a , jeżeli: $\forall x, \tilde{x} \in X_a: ((x \prec_a \tilde{x}) \Rightarrow (\forall t \in (0, 1): x \prec_a tx + (1-t)\tilde{x}))$.

2.1.4. Ekonomia Debreu z własnością prywatną

Ekonomia Debreu z własnością prywatną (dalej nazywana ekonomią Debreu) jest takim połączeniem systemu produkcji oraz systemu konsumpcji, w którym konsumenci mają udziały w zyskach producentów i całkowite zasoby systemu są w rękach konsumentów. Formalny (statyczny) model ekonomii Debreu ma postać wielozakresowego systemu relacyjnego $E = (P, K, \theta, \varpi)$, gdzie:

- P jest systemem produkcji,
- K jest systemem konsumpcji,
- $\theta \subset (A \times B) \times [0, 1]$ jest odwzorowaniem opisującym udziały konsumentów w zyskach producentów, tzn. dla każdej pary $(a, b) \in A \times B$ liczba $\theta_{ab} := \theta(a, b) \in [0, 1]$ określa udział konsumenta a w zyskach producenta b oraz dla każdego $b \in B$, $\sum_{a \in A} \theta_{ab} = 1$,
- $\varpi \in \mathbb{R}^\ell$ jest wektorem całkowitych zasobów ekonomii E . Zakładamy przy tym, że zasoby całkowite systemu są w rękach konsumentów, tzn. $\varpi := \sum_{a \in A} e_a$.

Założenia przyjęte w ekonomii Debreu wpływają na modyfikację korespondencji zbiorów budżetowych, ponieważ majątek każdego konsumenta w tym modelu obejmuje nie tylko wartość zasobu początkowego, ale również jego udziały w zyskach producentów, tzn. $w_a = pe_a + \sum_{b \in B} \theta_{ab} \pi_b(p)$ oraz $\beta_a := \{x_a \in X_a : px_a \leq w_a\}$.

Działalność uczestników rynku w tym modelu polega na wyborze oraz realizacji planów dla nich optymalnych, tak jak to miało miejsce w systemie produkcji oraz systemie konsumpcji.

2.1.5. System finansowy

Zgodnie z teorią Schumpetera główną determinantą rozwoju innowacyjnego są innowacje, czyli nowe kombinacje czynników produkcji wprowadzane przez wyróżnionych producentów. Działalność taka jest związana z rosnącym popytem na środki finansowe w postaci kredytu, będącego niezbędnym narzędziem realizacji planów innowacyjnych (zob. Caiani, Godin i Lucarelli 2014, Andersen i Pyka 2012). J.A. Schumpeter twierdził, że kapitał nie istnieje w ruchu okrężnym, ponieważ stan równowagi oznacza pełne wykorzystanie środków produkcji i zerowy zysk. Oznacza to, że innowacje mogą być realizowane tylko przez kredyt, a jedynymi uczestnikami rynku mogącymi wykreować dodatkowe środki finansowe z oszczędności konsumentów są banki, pełniące funkcję pośrednika pomiędzy sferą produkcji a sferą konsumpcji. Dodatkowo banki mogą udzielić kredytu konsumpcyjnego, poprawiając w ten sposób możliwości budżetowe konsumentów.

Stąd pojawiła się potrzeba wprowadzenia systemu finansowego do formalnego modelu ekonomii Debreu.

System finansowy F ma postać dwuzakresowego systemu relacyjnego: $F = (M, \mathbb{R}^{\ell+2}, Ch_F)$, gdzie $Ch_F = (f, p_m, \gamma, \zeta)$ jest charakterystyką systemu F , przy czym:

- $M = \{r: r = 1, \dots, k\}$ jest skończonym zbiorem banków;
- $\mathbb{R}^{\ell+2}$ jest $\ell + 2$ -wymiarową przestrzenią towarów, w której dwie ostatnie współrzędne przypisane są odpowiednio oszczędnościom i kredytom, przy czym $\mathbb{R}^{\ell+2} = \mathbb{R}^{\ell_R} \times \mathbb{R}^{\ell_F}$, gdzie \mathbb{R}^{ℓ_R} jest ℓ -wymiarową podprzestrzenią towarów realnych, natomiast \mathbb{R}^{ℓ_F} jest 2-wymiarową podprzestrzenią finansową;

- $f \subset M \times P_0(\mathbb{R}^{\ell+2})$ jest korespondencją zbiorów finansowych, która każdemu z banków $r \in M$ przypisuje niepusty zbiór planów finansowych możliwych do realizacji, tzn. $f(r) := F_r \subset \mathbb{R}^{\ell+2}$. Zakładamy przy tym, że działania banków są neutralne dla dóbr realnych, co oznacza, że plan finansowy banku r ma postać $f_r = (0, \dots, 0, s_r, c_r) \in \mathbb{R}^{\ell+2}$, gdzie $s_r = \sum_{a \in A} s_{ar}$, $s_{ar} \leq 0$ oznacza oszczędności konsumenta a w banku r , $c_r = \sum_{b \in B} c_{br} + \sum_{a \in A} c_{ar}$, $c_{br} \geq 0$ oznacza kredyt producenta b udzielony przez bank r , $c_{ar} \geq 0$ oznacza kredyt konsumenta a udzielony przez bank r . W danym planie finansowym oszczędności konsumentów są wejściem (współrzędna ujemna), które bank przekształca w kredyty – wyjście (współrzędna dodatnia). Jednocześnie zgodnie ze współczynnikiem pokrycia kredytowego $\lambda < 0$ (Sharafeddine 2015) plan finansowy f_r jest możliwy do realizacji przez bank r , $f_r \in F_r$, jeżeli $c_r \leq \lambda s_r$. Zauważmy, że zgodnie ze współczynnikiem pokrycia kredytowego w przypadku braku oszczędności $s_r = 0$ bank nie może udzielać kredytów ($c_r = 0$), dlatego w rozważanym modelu zakładamy, że $s = \sum_{r \in M} s_r \neq 0$. Zgodnie z wprowadzonymi wcześniej oznaczeniami występują zależności: $c_b = \sum_{r \in M} c_{br}$, $c_a = \sum_{r \in M} c_{ar}$, $s_a = \sum_{r \in M} s_{ar}$;

- $p_m = (p_1, \dots, p_\ell, i_s, i_c) \in \mathbb{R}^{\ell+2}$ jest wektorem cen, gdzie i_s oznacza oprocentowanie oszczędności, i_c oznacza oprocentowanie kredytów;

- $\gamma \subset M \times P_0(\mathbb{R}^{\ell+2})$ jest korespondencją podaży pieniądza, która każdemu bankowi $r \in M$ przypisuje zbiór planów finansowych optymalnych dla niego, czyli przynoszących największy zysk. Stąd:

$$\gamma(r) = \gamma_r(p_m) := \left\{ f'_r \in F_r : z_r(p_m, f'_r) = \max_{f_r \in F_r} z_r(p_m, f_r) \right\},$$

gdzie $z_r(p_m, f_r) := p_m \cdot f_r = i_c \cdot c_r + i_s \cdot s_r$;

- $\zeta \subset M \times \mathbb{R}$ jest funkcją zysku maksymalnego banków, która każdemu bankowi $r \in M$ przyporządkowuje wartość jego maksymalnego zysku, tzn. $\zeta(r) = \zeta_r(p_m) = \max_{f_r \in F_r} z_r(p_m, f_r)$ dla każdego $r \in M$.

W systemie finansowym zakładamy, że każdy bank traktowany jest jak producent działający w przestrzeni dóbr finansowych, a jego celem działania jest maksymalizacja zysku na zbiorze finansowym przy danym systemie cen. Zgodnie z założeniami, że oprocentowanie kredytów producentów i konsumentów i_c jest

takie samo oraz $i_s < i_c$, dla danego wektora cen $p_m = (p_1, \dots, p_\ell, i_s, i_c)$ zysk każdego banku pochodzi z różnicy oprocentowania kredytów i oszczędności $i_c - i_s$. Warto przy tym podkreślić, że dla banków oprocentowanie kredytów jest związane z zabezpieczeniem ponoszonego ryzyka niespłacenia pożyczki.

2.1.6. Ekonomia Debreu z pieniądzem

W rezultacie połączenia formalnego modelu ekonomii Debreu, opisanego w części 2.1.4, ze sferą finansową otrzymujemy statyczny model ekonomii Debreu z własnością prywatną i z pieniądzem (Ciałowicz i Malawski 2011) w postaci wielozakresowego systemu relacyjnego $E_m = (P_m, C_m, F, \theta, \varpi_m, \mu)$ (nazywanego w dalszej części: ekonomią Debreu z pieniądzem). W modelu tym zakładamy, że całkowity zasób początkowy ekonomii jest własnością konsumentów. Jednocześnie wprowadzenie sfery finansowej powoduje modyfikację podsystemów modelu wyjściowego do postaci systemu produkcji z pieniądzem oraz systemu konsumpcji z pieniądzem.

System produkcji z pieniądzem ma postać dwuzakresowego systemu relacyjnego w postaci: $P_m = (B, \mathbb{R}^{\ell+2}, Ch_{P_m})$, gdzie $Ch_{P_m} = (y_m, p_m, \eta_m, \pi_m)$ jest charakterystyką systemu P_m . W systemie tym zakładamy, że producenci nie posiadają żadnych depozytów, więc plan produkcji każdego producenta $b \in B$ ma postać $y_b = (y_1, \dots, y_\ell, 0, -c_b)$, gdzie c_b oznacza kredyt producenta b , co wpływa na modyfikację korespondencji podaży η_m oraz funkcji zysku maksymalnego π_m . Zakładamy, że kredyty są wejściem dla producenta, dlatego $-c_b \leq 0$.

Podobnie formalny model systemu konsumpcji z pieniądzem ma postać trójzakresowego systemu relacyjnego: $K_m = (A, \mathbb{R}^{\ell+2}, Prof, Ch_{K_m})$, gdzie $Ch_{K_m} = (x_m, e_m, \varepsilon_m, p_m, \beta_m, \varphi_m)$ jest charakterystyką systemu K_m . W systemie tym plan konsumpcji każdego konsumenta $a \in A$ ma postać $x_a = (x_1, \dots, x_\ell, s_a, c_a) \in X_a$, gdzie s_a oznacza jego oszczędności, c_a oznacza wysokość jego kredytu. Zakładamy, że oszczędności są traktowane jako wyjścia dla konsumentów, co oznacza, że $s_a \leq 0$, natomiast kredyty konsumentekie są wejściem dla konsumenta, dlatego $c_a \geq 0$. Ponadto konsumenta charakteryzuje zasób początkowy $e_m(a) := e_a = (e_1, \dots, e_\ell, s_a, c_a)$, co wpływa na modyfikację korespondencji zbiorów budżetowych β_m , a więc również na korespondencję popytu φ_m .

W ekonomii Debreu z pieniądzem konsumenci mają udziały w zyskach zarówno producentów, jak i banków, przy czym udziały konsumentów w zyskach banków mierzone są funkcją udziałów μ , taką że dla każdej pary $(a, r) \in A \times M$ liczba $\mu(a, r) := \mu_{ar} \in [0, 1]$ opisuje udział konsumenta a w zysku banku r oraz dla każdego banku $r \in M$, $\sum_{a \in A} \mu_{ar} = 1$. Zgodnie z powyższymi założeniami majątek konsumenta w ekonomii Debreu z pieniądzem wynosi:

$$w_a = \text{proj}_{\mathbb{R}^\ell}(p_m) \text{proj}_{\mathbb{R}^\ell}(e_a) + \sum_{b \in B} \theta_{ab} \pi_b(p_m) + \sum_{r \in M} \mu_{ar} \zeta_r(p_m) + s_a + c_a.$$

Zauważmy, że oszczędności konsumenta pochodzą z niewykorzystanej części jego majątku pomniejszonego o koszt realizacji planu konsumpcji x_a :
 $s_a = p_m x_a - w_a$.

W ekonomii z pieniądzem E_m działalność każdego uczestnika rynku, podobnie jak w ekonomii Debreu E , polega na wyborze i realizacji planu działania optymalnego dla niego przy danym systemie cen i zgodnego z indywidualnymi ograniczeniami w działaniu z uwzględnieniem pieniądza jako specyficznego towaru. W szczególności każdy konsument decyduje, czy powinien część zasobu początkowego przeznaczyć na oszczędności i przenieść swoją siłę nabywczą na przyszłość, czy zmienić swoje ograniczenia budżetowe przez kredyt konsumpcyjny. Jednocześnie producenci mogą uzyskać kredyt z banku, który pozwoli im na realizację innowacyjnego planu produkcji. Zauważmy, że w danym modelu zbiory agentów (producentów, konsumentów i banków) działających w danej przestrzeni nie są rozłączne, ponieważ zarówno producenci, jak i banki są jednocześnie konsumentami.

Przedstawiony model jest specyficzną modyfikacją ekonomii Debreu z własnością prywatną $E = (P, K, \theta, \varpi)$ (Debreu 1959), ponieważ $proj_{\mathbb{R}^{\ell}}(E_m) = E$, gdzie $P = proj_{\mathbb{R}^{\ell}}(P_m)$, $K = proj_{\mathbb{R}^{\ell}}(K_m)$.

Dla ekonomii Debreu z pieniądzem definiuje się pojęcie alokacji osiągalnej oraz stanu ogólnej równowagi (konkurencyjnej).

Definicja 2.1

1. $(m + n + k)$ -elementowy ciąg punktów w przestrzeni $\mathbb{R}^{\ell+2}$ w postaci $((x_a), (y_b), (f_r))$ nazywany jest alokacją ekonomii Debreu z pieniądzem E_m .
2. Alokacja $((x_a), (y_b), (f_r))$ spełnia warunek równowagi rynkowej, jeżeli:
 - a) $proj_{\mathbb{R}^{\ell_r}}(x - y + f) = proj_{\mathbb{R}^{\ell_r}}(\varpi)$, gdzie $x = \sum_{a \in A} x_a$, $y = \sum_{b \in B} y_b$, $f = \sum_{r \in M} f_r$,
 - b) $\sum_{a \in A} s_a + \sum_{r \in M} s_r = 2\varpi_s$
 - c) $\sum_{r \in M} c_r + \sum_{a \in A} c_a + \sum_{b \in B} c_b = 3\varpi_c$.
3. Mówimy, że alokacja $((x_a), (y_b), (f_r))$ jest osiągalna dla ekonomii E_m , jeżeli:
 - a) dla każdego konsumenta $a \in A$, $x_a \in X_a$,
 - b) dla każdego producenta $b \in B$, $y_b \in Y_b$,
 - c) dla każdego banku $r \in M$, $f_r \in F_r$,
 - d) alokacja $((x_a), (y_b), (f_r))$ spełnia warunek równowagi rynkowej.

Alokacja jest dowolnym ciągiem planów konsumpcji, produkcji oraz finansowych, co oznacza, że każdy z uczestników rynku ma przypisany pewien plan działania (niekoniecznie osiągalny czy optymalny). Jeśli wszystkie te plany są osiągalne ze względu na ograniczenia technologiczne (dla producentów i banków) lub ze względu na ograniczenia wynikające ze struktury psychofizycznej jednostki (dla konsumentów) oraz dla planów tych zachodzi równowaga na wszystkich rynkach,

to dana alokacja jest osiągalna. W zbiorze wszystkich osiągalnych alokacji możemy wyróżnić te, w których wszystkie plany działania są optymalne dla uczestników rynku przy ustalonym wektorze cen. Jeżeli taka alokacja występuje, mówimy, że ekonomia jest w stanie równowagi, tzn. każdy producent, konsument i bank przy danym wektorze cen realizuje swój optymalny plan i nie chce zmieniać swojego wyboru. Tego typu alokację wraz z wektorem cen nazywamy stanem ogólnej równowagi.

Definicja 2.2

Ciąg punktów $s = ((x_a^*), (y_b^*), (f_r^*), p_m^*)$ w przestrzeni $\mathbb{R}^{\ell+2}$, składający się z $(m + n + k + 1)$ -elementów, nazywamy stanem ogólnej równowagi (konkurencyjnej) ekonomii Debreu z pieniądzem E_m , jeżeli spełnia następujące warunki:

1) dla każdego producenta $b \in B$ plan produkcji y_b^* maksymalizuje jego zysk na zbiorze Y_b przy wektorze cen p_m^* ,

2) dla każdego banku $r \in M$ plan finansowy f_r^* maksymalizuje jego zysk na zbiorze F_r przy wektorze cen p_m^* ,

3) dla każdego konsumenta $a \in A$ plan konsumpcji x_a^* jest najlepszym (maksymalnym) elementem ze względu na relację preferencji \preceq_a w jego zbiorze budżetowym $\beta_a := \left\{ x_a \in X_a : x_a \in X_a, p_m x_a \leq \text{proj}_{\mathbb{R}^\ell}(p_m) \text{proj}_{\mathbb{R}^\ell}(e_a) + \sum_{b \in B} \theta_{ab} \pi_b(p_m) + \sum_{r \in M} \mu_{ra} \zeta_r(p_m) + s_a + c_a \right\}$,

4) spełniony jest warunek równowagi rynkowej.

2.2. Model ekonomii z podażowymi relacjami preferencji

W ewolucji innowacyjnej opisanej przez J.A. Schumpetera główną siłą napędową rozwoju gospodarczego są innowacje, czyli nowe kombinacje produkcyjne i handlowe, wprowadzane przez przedsiębiorców innowatorów i finansowane przez banki. Zgodnie z teorią Schumpetera w procesie zmian innowacyjnych konsumenci są bierni, zachowując się w sposób rutynowy, a jedyne zmiany w ich działalności to zmiany w ich preferencjach wymuszone przez wprowadzane innowacje. Jednocześnie w teorii tej nie rozważa się możliwości wpływu udziałowców (konsumentów) na wybór optymalnego planu działania firmy, a co za tym idzie – pomija się czynniki behawioralne wpływające na niepewność w działalności producentów. Założenie biernej roli konsumentów w procesie rozwoju gospodarczego znalazło swoje odzwierciedlenie w formalnych ujęciach schumpeterowskiej teorii rozwoju gospodarczego (np. Nelson i Winter 1982, 2002).

Wizja rozwoju gospodarczego J.A. Schumpetera była oryginalna i doniosła teoretycznie, wielu ekonomistów miało jednak odmienny pogląd na zjawisko innowacji jako jeden z aspektów życia gospodarczego. Dla współczesnego ujęcia ewolucji

ekonomicznej charakterystyczne jest całościowe postrzeganie tego zjawiska, a więc również uwzględnienie aktywnej roli konsumentów, a we współczesnej literaturze z tego zakresu coraz częściej poruszany jest problem wpływu konsumentów udziałowców firm na wybór realizowanego planu produkcji (zob. podrozdział 1.5).

Z przedstawionych rozważań wziął początek pomysł modyfikacji formalnego modelu ekonomii Debreu, tak by uwzględniał aktywną rolę strony popytowej w procesie rozwoju gospodarczego. Modyfikacja polega na przypisaniu każdemu konsumentowi, będącemu współwłaścicielem firmy, szczególnej relacji preferencji związanej z wyborem optymalnych planów produkcyjnych, a jednocześnie opartej na jego preferencjach indywidualnych, co nie zawsze oznacza maksymalizację zysku.

Niech dana będzie ekonomia Debreu $E = (P, K, \theta, \varpi)$, w której pewien konsument $a \in A$ ma niezerowe udziały w zyskach producenta $b \in B$, tzn. $\theta_{ab} > 0$, a jego relacja preferencji indywidualnych \preceq_a reprezentowana jest przez funkcję użyteczności $u_a: X_a \rightarrow \mathbb{R}$. Rozważmy możliwość aktywnego udziału konsumentów w wyborach planów produkcyjnych firm. W tym celu zakładamy, że dziedzina relacji preferencji każdego konsumenta $a \in A$, którą w ekonomii Debreu był zbiór konsumpcji X_a , zostaje powiększona do całej przestrzeni towarów \mathbb{R}^ℓ .

Definicja 2.3 (Ciałowicz i Malawski 2013)

Niech dane będą dwa plany produkcji $y_b, \tilde{y}_b \in Y_b$. Plan produkcji y_b jest co najwyżej tak preferowany jak plan \tilde{y}_b przez konsumenta a (symbolicznie: $y_b \underline{\Delta}_a \tilde{y}_b$), wtedy i tylko wtedy gdy dla każdego planu konsumpcji $x_a \in X_a$ spełniony jest warunek: $u_a(x_a + \theta_{ab} \cdot y_b) \leq u_a(x_a + \theta_{ab} \cdot \tilde{y}_b)$.

Zgodnie z przedstawioną definicją konsument udziałowiec danej firmy preferuje ten plan produkcji, którego realizacja nie zmniejsza użyteczności każdego możliwego (ze względu na ograniczenia wynikające z struktury psychofizycznej konsumenta) planu konsumpcji, czyli nie pogarsza jego stopnia zadowolenia z realizacji planów konsumpcji.

Relację $\underline{\Delta}_a \subset \mathbb{R}^\ell \times \mathbb{R}^\ell$ nazwiemy podażową relacją preferencji konsumenta a .

Zauważmy, że jeśli konsument a jest udziałowcem pewnej firmy, to jest on charakteryzowany przez relację preferencji porównującą plany konsumpcji oraz podażową relację preferencji porównującą plany produkcji, natomiast jeśli konsument a nie jest udziałowcem firmy b , tzn. $\theta_{ab} = 0$, to jest on charakteryzowany tylko przez standardową relację preferencji \preceq_a .

Uwaga

Jeżeli funkcja użyteczności konsumenta udziałowca jest odwzorowaniem liniowym, to:

$$\begin{aligned} y_b \underline{\Delta}_a \tilde{y}_b &\Leftrightarrow u_a(x_a + \theta_{ab} \cdot y_b) \leq u_a(x_a + \theta_{ab} \cdot \tilde{y}_b) \Leftrightarrow u_a(x_a) + \theta_{ab} \cdot u_a(y_b) \leq u_a(x_a) + \theta_{ab} \cdot u_a(\tilde{y}_b) \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow \theta_{ab} \cdot u_a(y_b) \leq \theta_{ab} \cdot u_a(\tilde{y}_b) \Leftrightarrow u_a(y_b) \leq u_a(\tilde{y}_b). \end{aligned}$$

Oznacza to, że w takim przypadku podażowa relacja preferencji jest rozszerzeniem relacji preferencji indywidualnych na zbiór produkcji Y_b .

Podażowa relacja preferencji $\underline{\Delta}_a$ daje możliwość zdefiniowania dodatkowych dwóch relacji: silnej preferencji i obojętności.

Definicja 2.4 (Ciałowicz i Malawski 2013)

Niech dane będą dwa plany produkcji $y_b, \tilde{y}_b \in Y_b$:

1) plan produkcji \tilde{y}_b jest w wyższym stopniu preferowany niż plan y_b (symbolicznie: $y_b \Delta_a \tilde{y}_b$) przez konsumenta a , jeżeli $u_a(x_a + \theta_{ab} \cdot y_b) < u_a(x_a + \theta_{ab} \cdot \tilde{y}_b)$ dla każdego $x_a \in X_a$,

2) plan produkcji \tilde{y}_b jest obojętny względem planu y_b (symbolicznie: $y_b \bowtie_a \tilde{y}_b$) dla konsumenta a , jeżeli $u_a(x_a + \theta_{ab} \cdot y_b) = u_a(x_a + \theta_{ab} \cdot \tilde{y}_b)$ dla każdego $x_a \in X_a$.

Łatwo zauważyć, że relacja $\underline{\Delta}_a$ jest praporządkiem zupełnym jako relacja zwrotna⁵, przechodnia⁶ i zupełna⁷. Jednocześnie relacja \bowtie_a jest równoważnością, ponieważ jest zwrotna, symetryczna⁸ i przechodnia.

Definicja 2.4 daje możliwość zmodyfikowania ekonomii Debreu przedstawionej w podrozdziale 2.1 przez wprowadzenie podażowych relacji preferencji. Otrzymany model oznaczamy symbolem $E^{\underline{\Delta}}$. Zauważmy, że relacje te, dotyczące planów działania zarówno konsumentów, jak i producentów, nie mogą zostać uwzględnione jako element charakterystyki systemu produkcji czy konsumpcji. Stąd formalny model ekonomii Debreu z podażowymi relacjami preferencji przyjmuje postać: $E^{\underline{\Delta}} = (P, K, \theta, \varpi, \{\underline{\Delta}_a\})$. W modelu tym konsumenci mają możliwość aktywnego udziału w wyborze optymalnych planów produkcji, co w konsekwencji oznacza, że optymalne plany produkcji nie zawsze są planami maksymalizującymi zysk. Analogicznie formalny model ekonomii Debreu z pieniądzem oraz podażowymi relacjami preferencji ma postać: $E_m^{\underline{\Delta}} = (P_m, K_m, F, \theta, \varpi_m, \mu \{\underline{\Delta}_a\})$.

2.3. Aksjomatyzacja zmian kumulatywnych oraz innowacyjnych

J.A. Schumpeter w swojej *Teorii rozwoju gospodarczego* (1912, 1960) rozróżnił oraz analizował dwie podstawowe formy życia gospodarczego: ruch okrężny

⁵ Relacja $\underline{\Delta}_a$ jest zwrotna, ponieważ dla każdego $y_b \in Y_b$ zachodzi $y_b \underline{\Delta}_a y_b$.

⁶ Relacja $\underline{\Delta}_a$ jest przechodnia, ponieważ dla dowolnych $y_b, \tilde{y}_b, \hat{y}_b \in Y_b$ zachodzi warunek:

$$[(y_b \underline{\Delta}_a \tilde{y}_b \wedge \tilde{y}_b \underline{\Delta}_a \hat{y}_b) \Rightarrow y_b \underline{\Delta}_a \hat{y}_b].$$

⁷ Relacja $\underline{\Delta}_a$ jest zupełna, ponieważ dla dowolnych $y_b, \tilde{y}_b \in Y_b$ zachodzi $(y_b \underline{\Delta}_a \tilde{y}_b \vee \tilde{y}_b \underline{\Delta}_a y_b)$.

⁸ Relacja \bowtie_a jest symetryczna, ponieważ dla dowolnych $y_b, \tilde{y}_b \in Y_b$ zachodzi warunek: $(y_b \bowtie_a \tilde{y}_b \Rightarrow \tilde{y}_b \bowtie_a y_b)$.

oparty na zmianach kumulatywnych oraz rozwój gospodarczy charakteryzowany przez zmiany innowacyjne, zapoczątkowane w sferze produkcji.

Ruch okrężny dotyczący powtarzalności życia ekonomicznego oparty jest na walrasowskiej teorii równowagi ogólnej i interpretowany jako statyka porównawcza, w której dany system gospodarczy dąży do stanu równowagi, zachowując przy tym niezmiennie reguły gry. J.A. Schumpeter opisał ruch okrężny następująco (1960, s. 172): „W ruchu okrężnym, który zawsze jest naszym punktem wyjścia, wytwarzane są te same produkty co roku i to w ten sam sposób. Na każdą podaż oczekuje gdzieś w gospodarstwie narodowym odpowiedni popyt, na każdy popyt – odpowiednia podaż”.

Formalne modelowanie zjawiska ruchu okrężnego w aparacie pojęciowym teorii równowagi ogólnej w ujęciu aksjomatycznym opiera się na definicjach rozszerzenia kumulatywnego wskazanych podsystemów oraz całego systemu ekonomicznego.

Niech dane będą dwa systemy produkcji $P = (B, \mathbb{R}^\ell, y, p, \eta, \pi)$ oraz $P' = (B', \mathbb{R}^{\ell'}, y', p', \eta', \pi')$. Do porównania odpowiednich elementów charakterystyki dwóch modeli wykorzystane zostało formalne pojęcie rzutu ortogonalnego odpowiednich elementów „nowego” modelu na „starą” przestrzeń towarów, tzn. $proj_{\mathbb{R}^\ell}(y)$ oznacza rzut ortogonalny wektora y na \mathbb{R}^ℓ (w bazach kanonicznych).

Niech dane będą dwa systemy produkcji $P = (B, \mathbb{R}^\ell, y, p, \eta, \pi)$ oraz $P' = (B', \mathbb{R}^{\ell'}, y', p', \eta', \pi')$.

Definicja 2.5 (Ciałowicz i Malawski 2011)

System produkcji P' nazywamy rozszerzeniem kumulatywnym systemu P (symbolicznie: $P \subset_c P'$), jeżeli:

- 1) $\ell \leq \ell'$,
- 2) $B \subset B'$,
- 3) $\forall b \in B$,
 - 3.1) $Y_b \subset proj_{\mathbb{R}^\ell}(Y'_b)$,
 - 3.2) $\eta_b(p) \subset proj_{\mathbb{R}^\ell}(\eta'_b(p'))$,
 - 3.3) $\pi_b(p) \leq \pi'_b(p')$.

Definicja 2.5 określa możliwe zmiany w charakterystyce systemu produkcji zachodzące przy rozszerzeniu kumulatywnym, takie jak pojawienie się nowych towarów na rynku (warunek 1), rozpoczęcie działalności nowych producentów lub nowych firm (warunek 2). Ponadto może zmienić się efektywność ekonomiczna danego systemu produkcji, mierzona m.in. wielkością zysku maksymalnego. Jednocześnie ciągle dostępne są na rynku towary wcześniej dostępne oraz działają wcześniejsi uczestnicy rynku. Warunek 3.1 oznacza, że dla każdego producenta mogą być osiągalne nowe plany produkcyjne i jednocześnie „stare” technologie są nadal dostępne, czyli zwiększyły się jego możliwości produkcyjne. Warunek 3.2

mówi o tym, że zbiór optymalnych planów produkcji każdego producenta może się rozszerzyć i w rezultacie może on osiągnąć większy zysk maksymalny (warunek 3.3). Oznacza to, że rozszerzenie kumulatywne możemy interpretować jako zmiany modelujące ruch okrężny sfery produkcji, ponieważ spełnia warunki tego zjawiska opisane przez J.A. Schumpetera. Warto jeszcze podkreślić, że rola producenta w ruchu okrężnym jest bierna – dostosowuje tylko swoje działania do danych cen i dostępnych technologii.

Zauważmy, że w szczególnym przypadku, gdy $\ell = \ell'$ i $B = B'$, a w rezultacie rzut ortogonalny na przestrzeń wyjściową jest odwzorowaniem identycznościowym, w rozszerzeniu kumulatywnym nie pojawiają się nowe firmy czy towary, ale równocześnie żadne nie są eliminowane z rynku.

Niech dane będą dwa systemy produkcji z pieniądzem $P_m = (B, \mathbb{R}^{\ell+2}, p_m, \eta_m, \pi_m)$ oraz $P'_m = (B', \mathbb{R}^{\ell+2}, p'_m, \eta'_m, \pi'_m)$.

Definicja 2.6

System produkcji z pieniądzem P'_m nazywamy rozszerzeniem kumulatywnym systemu P_m (symbolicznie: $P_m \subset_c P'_m$), jeżeli:

- 1) $P = \text{proj}_{\mathbb{R}^\ell}(P_m) \subset_c P' = \text{proj}_{\mathbb{R}^\ell}(P'_m)$,
- 2) $\forall b \in B \quad c_b \geq c'_b$.

Rozszerzenie kumulatywne systemu produkcji z pieniądzem oznacza, że zachodzą zmiany kumulatywne w sferze realnej oraz nie zwiększa się wysokość kredytu każdego producenta.

W podobny sposób możemy zdefiniować zjawisko zmian kumulatywnych w sferze finansowej zgodnie z założeniem, że banki traktowane są jak producenci działający w przestrzeni dóbr finansowych.

Niech dane będą dwa systemy finansowe $F = (M, \mathbb{R}^{\ell+2}, f, p_m, \gamma, \zeta)$ oraz $F' = (M', \mathbb{R}^{\ell+2}, f', p'_m, \gamma', \zeta')$.

Definicja 2.7

System finansowy F' nazywamy rozszerzeniem kumulatywnym systemu F (symbolicznie: $F \subset_c F'$), jeżeli:

- 1) $M \subset M'$,
- 2) $\forall r \in M$,
 - 2.1) $s_r \geq s'_r$,
 - 2.2) $\text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell_f}}(F_r) \subset \text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell_f}}(F'_r)$,
 - 2.3) $\text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell_f}}(\gamma_r) \subset \text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell_f}}(\gamma'_r)$,
 - 2.4) $\zeta_r(p_m) \leq \zeta'_r(p'_m)$.

Zjawisko kumulatywności występuje również w sferze konsumpcji. Niech dane będą dwa systemy konsumpcji $K = (A, \mathbb{R}^\ell, \text{Pref}, x, e, \varepsilon, p, \beta, \varphi)$ oraz $K' = (A', \mathbb{R}^\ell, \text{Pref}', x', e', \varepsilon', p', \beta', \varphi')$.

Definicja 2.8 (por. *Innovative Economy...* 2013)

System konsumpcji K' jest rozszerzeniem kumulatywnym systemu K (symbolicznie: $K \subset_c K'$), jeżeli:

- 1) $\ell \leq \ell'$,
- 2) $A \subset A'$,
- 3) $\forall a \in A$,

3.1) $X_a \subset \text{proj}_{\mathbb{R}^\ell}(X'_a)$ oraz dla każdego planu konsumpcji $x_a = (x_1, x_2, \dots, x_\ell) \in X_a$ zachodzi $x_a = (x_1, x_2, \dots, x_\ell, 0, \dots, 0) \in X'_a$,

3.2) $e_a \leq \text{proj}_{\mathbb{R}^\ell}(e'_a)$,

3.3) $\varepsilon_a \subset \text{proj}_{\mathbb{R}^\ell}(\varepsilon'_a)$, tzn. $(\preceq'_a | (X_a \times X_a)) = \preceq_a$,

3.4) $\beta_a(p, e_a) \subset \text{proj}_{\mathbb{R}^\ell}(\beta'_a(p', e'_a))$,

3.5) $\varphi_a(\varepsilon_a, p, e_a) \subset \text{proj}_{\mathbb{R}^\ell}(\varphi'_a(\varepsilon'_a, p', e'_a))$, tzn. dla każdych dwóch optymalnych planów konsumpcji $x_a^* \in \varphi_a(\varepsilon_a, p, e_a)$ oraz $x_a^{*'} \in \varphi'_a(\varepsilon'_a, p', e'_a)$ zachodzi $x_a^* \preceq_a \text{proj}_{\mathbb{R}^\ell}(x_a^{*'})$.

Rozszerzenie kumulatywne systemu konsumpcji oznacza, że dla każdego konsumenta zbiór planów możliwych do realizacji ze względu na ograniczenia wynikające z jego struktury psychofizycznej nie zmniejsza się i może on nie brać pod uwagę nowych towarów (warunek 3.1), a jego zasób początkowy nie zostaje pomniejszony (warunek 3.2). Jednocześnie zbiór budżetowy każdego konsumenta również nie zmniejsza się (warunek 3.4), a jego potrzeby są zaspokajane na co najmniej takim samym poziomie zadowolenia (warunek 3.5). W rezultacie zmiany kumulatywne w systemie konsumpcji oznaczają, że sytuacja każdego konsumenta nie pogarsza się, co oznacza, że stany optymalne w sensie Pareta (np. Samuelson i Nordhaus 2004) całego systemu się nie pogarszają.

Niech dane będą dwa systemy konsumpcji z pieniądzem $K_m = (A, \mathbb{R}^{\ell+2}, \text{Pref}, x_m, e_m, \varepsilon_m, p_m, \beta_m, \varphi_m)$ oraz $K'_m = (A', \mathbb{R}^{\ell+2}, \text{Pref}', x'_m, e'_m, p'_m, \beta'_m, \varphi'_m)$.

Definicja 2.9

System konsumpcji z pieniądzem K'_m jest rozszerzeniem kumulatywnym systemu K_m (symbolicznie: $K_m \subset_c K'_m$), jeżeli:

- 1) $K = \text{proj}_{\mathbb{R}^\ell}(K_m) \subset_c K' = \text{proj}_{\mathbb{R}^\ell}(K'_m)$,
- 2) $\forall a \in A \mid s_a \leq |s'_a|, c_a \leq c'_a$.

W rozszerzeniu kumulatywnym systemu konsumpcji z pieniądzem zachodzą zmiany kumulatywne w sferze realnej, a każdy konsument zachowuje swoje oszczędności oraz nie zwiększa swojego kredytu.

Na podstawie definicji rozszerzenia kumulatywnego odpowiednich podsystemów wprowadza się pojęcia rozszerzenia kumulatywnego ekonomii Debreu ($E \subset_c E'$) oraz rozszerzenia kumulatywnego ekonomii Debreu z pieniądzem ($E_m \subset_c E'_m$).

Definicja 2.10

1. Ekonomia Debreu E' jest rozszerzeniem kumulatywnym ekonomii E (symbolicznie: $E \subset_c E'$), jeżeli: $P \subset_c P'$, $K \subset_c K'$.

2. Ekonomia Debreu z pieniądzem E'_m jest rozszerzeniem kumulatywnym ekonomii E_m (symbolicznie: $E_m \subset_c E'_m$), jeżeli: $P_m \subset_c P'_m$, $K_m \subset_c K'_m$, $F \subset_c F'$.

Zauważmy, że podażowe relacje preferencji nie mają wpływu na zmiany kumulatywne w systemie konsumpcji ani w całym systemie ekonomicznym.

Zjawiskiem różnym od ruchu okrężnego jest rozwój gospodarczy oparty na innowacjach powodujących wytrącenie systemu ekonomicznego ze stanu równowagi. Jak pisał J.A. Schumpeter (1960, s. 101): „Rozwój w naszym rozumieniu jest szczególnym zjawiskiem, całkowicie obcym ruchowi okrężnemu oraz tendencji do równowagi. Jest on żywiołową, nieposiadającą charakteru ciągłego zmianą ruchu okrężnego, zakłóceniem równowagi, które w sposób trwały modyfikuje i wytrąca z dawnego łożyska poprzednio istniejący stan równowagi”.

W tym kontekście formalne modelowanie ewolucji innowacyjnej w aparacie pojęciowym teorii równowagi ogólnej Arrowa-Debreu oparte jest na definicjach specyficznych zmian innowacyjnych danego modelu. Ponadto jeśli wziąć pod uwagę, że zgodnie z teorią Schumpetera rozwój ekonomiczny inicjowany jest przez producentów innowatorów, podstawową definicją jest pojęcie rozszerzenia innowacyjnego w systemie produkcji.

Niech dane będą dwa systemy produkcji $P = (B, \mathbb{R}^\ell, y, p, \eta, \pi)$ oraz $P' = (B', \mathbb{R}^{\ell'}, y', p', \eta', \pi')$.

Definicja 2.11 (Ciałowicz 2015, por. Malawski 1999)

System produkcji P' nazywamy rozszerzeniem innowacyjnym systemu P (symbolicznie: $P \subset_i P'$), jeżeli:

- 1) $\ell \leq \ell'$,
- 2) $\exists b' \in B' \quad \forall b \in B$,
 - 2.1) $proj_{\mathbb{R}^\ell}(Y'_{b'}) \not\subset Y_b$,
 - 2.2) $proj_{\mathbb{R}^\ell}(\eta'_{b'}(p')) \not\subset \eta_b(p)$,
 - 2.3) $\pi_b(p) < \pi'_{b'}(p')$.

Definicja rozszerzenia innowacyjnego systemu produkcji opiera się na zmianach w wyróżnionych elementach charakterystyki danego systemu. W szczególności warunek 1 oznacza, że na rynku może pojawić się nowy towar, tj.: towar, z którym uczestnicy rynku nie są jeszcze obeznani, lub nowy gatunek jakiegoś towaru, oraz zakłada się, że liczba towarów na rynku się nie zmniejsza. Jednocześnie nie wiadomo, czy jest on produkowany przez całkowicie nowego producenta, czy przez firmę już istniejącą. Warunek 2 opisuje zmiany w zbiorze producentów. Pojawia się wśród nich pewien wyróżniony producent b' , który może być producentem wcześniej działającym lub nowym uczestnikiem rynku. Producent ten

ma możliwość realizacji planów produkcyjnych przekraczających możliwości technologiczne pozostałych producentów nie tylko ze względu na pojawienie się nowego towaru, ale również ze względu na produkcję towarów już istniejących (warunek 2.1). Zgodnie z tym jego optymalne plany produkcyjne wykraczają poza możliwości technologiczne pozostałych producentów (warunek 2.2), a osiągnięty przez niego maksymalny zysk jest większy od maksymalnych zysków innych uczestników rynku (warunek 2.3).

Uwaga

1. Producent $b' \in B'$, który spełnia warunki 2.1–2.3 podanej definicji, nazywany jest innowatorem.

2. Zbiór wszystkich producentów innowatorów w systemie produkcji P' oznaczono symbolem B'_i .

3. Warunek 1 w przypadku $\ell < \ell'$ oznacza innowacje produktowe, czyli pojawienie się nowego towaru lub usługi na rynku, natomiast dla $\ell = \ell'$ oznacza innowacje technologiczne, czyli nowe zmiany w technologii produkcji towarów wcześniej produkowanych.

Zauważmy, że definicja 2.11 obejmuje pięć przypadków nowych kombinacji czynników produkcji (innowacji) opisanych przez J.A. Schumpetera (1960, s. 104), które powodują trwałe zachwianie równowagi danego systemu produkcji:

„1) Wprowadzenie nowego towaru, tj.: towaru, z jakim konsumenci nie są jeszcze obeznani – lub nowego gatunku jakiegoś towaru.

2) Wprowadzenie nowej metody produkcji, tj. metody jeszcze niewypróbowanej praktycznie w danej gałęzi przemysłu.

3) Otwarcie nowego rynku, tj. rynku, na którym dana gałąź przemysłu danego kraju nie była uprzednio wprowadzona, bez względu na to, czy rynek istniał przedtem, czy nie istniał.

4) Zdobycie nowego źródła surowców lub półfabrykatów.

5) Przeprowadzenie nowej organizacji jakiegoś przemysłu, np. stworzenie sytuacji monopolistycznej lub złamanie pozycji monopolistycznej”.

Uwaga

Jeżeli w systemie produkcji $P' = (B', \mathbb{R}^{\ell}, y', p', \eta', \pi')$ istnieje producent $b' \in B'$, dla którego istnieje co najmniej jeden plan produkcji $y'_b \in Y'_b$ innowacyjny w stosunku do planów produkcji w systemie $P = (B, \mathbb{R}^{\ell}, y, p, \eta, \pi)$, to $P \subset_i P'$.

W podobny sposób definiujemy rozszerzenie innowacyjne systemu produkcji z pieniądzem.

Definicja 2.12

System produkcji z pieniądzem P'_m nazywamy rozszerzeniem innowacyjnym systemu P_m (symbolicznie: $P_m \subset_i P'_m$), jeżeli:

- 1) $proj_{\mathbb{R}^{\ell}}(P) \subset_i proj_{\mathbb{R}^{\ell}}(P')$,
- 2) $\sum_{b \in B} c_b < \sum_{b' \in B'} c_{b'}$.

Zauważmy, że w rozszerzeniu innowacyjnym systemu produkcji z pieniądzem zachodzą zmiany innowacyjne w sferze realnej oraz zwiększa się suma kredytów. Założenie drugie opiera się na teorii J.A. Schumpetera, który twierdził, że producent „musi uciec się do kredytu, jeżeli pragnie zrealizować nową kombinację, która w przeciwieństwie do kombinacji działającej nie może być sfinansowana z dochodów z produkcji poprzedniej” (1960, s. 109).

J.A. Schumpeter zakładał, że zmiany innowacyjne w sferze produkcji są determinantami zmian w całym systemie ekonomicznym. Opisał to następująco (1960, s. 103): „tym, który inicjuje zmianę ekonomiczną, jest producent, który w razie potrzeby wychowuje konsumentów”. Prowadzi to bezpośrednio do definicji rozszerzenia innowacyjnego ekonomii Debreu E oraz ekonomii Debreu z pieniądzem E_m . Zakładamy przy tym, że zmiany innowacyjne zachodzą tylko w sferze realnej, a nie w finansowej, co oznacza, że banki nie są w tym ujęciu innowatorami.

Definicja 2.13 (Ciałowicz i Malawski 2011, *Innovative Economy...* 2013)

Ekonomia Debreu $E' = (\mathbb{R}^{\ell}, P', K', \theta', \varpi')$ jest rozszerzeniem innowacyjnym ekonomii Debreu $E = (\mathbb{R}^{\ell}, P, K, \theta, \varpi)$ (symbolicznie: $E \subset_i E'$), jeżeli: $P \subset_i P'$.

Niech dane będą dwie ekonomie Debreu z pieniądzem: $E_m = (P_m, K_m, F, \theta, \varpi_m, \mu)$, $E'_m = (P'_m, K'_m, F', \theta', \varpi'_m, \mu')$.

Definicja 2.14 (Ciałowicz i Malawski 2011)

Ekonomia Debreu z pieniądzem E'_m jest rozszerzeniem innowacyjnym ekonomii E_m (symbolicznie: $E_m \subset_i E'_m$), jeżeli:

- 1) $E \subset_i E'$, gdzie $E = proj_{\mathbb{R}^{\ell r}}(E_m)$, $E' = proj_{\mathbb{R}^{\ell r}}(E'_m)$,
- 2) $\left| \sum_{r \in M} s_r \right| < \left| \sum_{r' \in M'} s'_{r'} \right|$.

Rozszerzenie innowacyjne ekonomii Debreu z pieniądzem oznacza innowacyjne zmiany w sferze realnej oraz wzrost sumy oszczędności, a więc również wzrost sumy kredytów (ze względu na współczynnik pokrycia kredytowego; zob. pkt 2.1.6). Oznacza to, że przy założeniu niezmięionej sumy kredytów konsumpcyjnych rozszerzenie innowacyjne ekonomii Debreu z pieniądzem jest równoważne zmianom innowacyjnym w systemie produkcji z pieniądzem (definicja 2.12). Jest to zgodne z teorią Schumpetera, który twierdził, że warunkiem koniecznym innowacji jest występowanie kredytów udzielanych przez banki.

Uwaga

Jeżeli $E_m \subset_i E'_m$ oraz $\sum_{a \in A} c_a = \sum_{a' \in A'} c_{a'}$, to $P_m \subset_i P'_m$.

Niech dane będą dwie ekonomie Debreu z pieniądzem oraz z podałowymi relacjami preferencji: $E_m^{\underline{A}} = (P_m, K_m, F, \theta, \varpi_m, \mu \{ \underline{A}_a \})$, $E_m^{\underline{A}'} = (P_m', K_m', F', \theta', \varpi_m', \mu', \{ \underline{A}'_a \})$.

Definicja 2.15

Ekonomia $E_m^{\underline{A}'}$ jest rozszerzeniem innowacyjnym ekonomii $E_m^{\underline{A}}$ (symbolicznie: $E_m^{\underline{A}} \subset_i E_m^{\underline{A}'}$), jeżeli:

$$1) E \subset_i E', \text{ gdzie } E = \text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell_R}}(E_m), E' = \text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell_R}}(E_m'),$$

$$2) \left| \sum_{r \in M} s_r \right| < \left| \sum_{r' \in M'} s_{r'} \right|,$$

$$3) \forall a \in A \left(\underline{A}'_a \mid (\mathbb{R}^{\ell} \times \mathbb{R}^{\ell}) \right) = \underline{A}_a.$$

Zgodnie z definicją 2.15 zmiany innowacyjne w podsystemie produkcji oraz podsystemie finansowym nie wpływają na preferencje podażowe konsumenta dotyczące towarów wcześniej istniejących na rynku.

Zauważmy, że zmiany innowacyjne, zarówno w samym systemie produkcji, jak i w całej ekonomii Debreu z pieniądzem oraz z podałowymi relacjami preferencji, powodują zawsze poprawę efektywności ekonomicznej danego systemu. Dopuszczają one pojawienie się na rynku zupełnie nowych towarów, ale również eliminację pewnych towarów z rynku wyjściowego lub zaprzestanie działalności przez niektórych producentów. Zjawisko to, nazywane przez J.A. Schumpetera twórczą destrukcją, jest syntezą dwóch przeciwnych tendencji występujących w rozwoju gospodarczym: procesów innowacyjnych oraz eliminacji z rynku niektórych produktów czy firm.

J.A. Schumpeter ujął to następująco (1995, s. 101–102): „Podstawowy bodziec, który uruchamia i podtrzymuje ruch kapitalistycznej maszynierii, wychodzi od nowych dóbr konsumpcyjnych, nowych rynków, nowych form przemysłowej organizacji, tworzonych przez kapitalistyczne przedsiębiorstwo. (...) Udostępnienie nowych rynków zagranicznych i krajowych oraz rozwój organizacyjny (...) ilustrują ten sam proces przemysłowej mutacji – jeżeli mogę użyć tego biologicznego terminu – który nieustannie rewolucjonizuje strukturę gospodarczą, nieustannie burzy starą i ciągle tworzy nową”.

Definicja 2.16 (Małowski 1999)

System produkcji P' nazywamy twórczą destrukcją systemu produkcji P (symbolicznie $P \subset_d P'$), jeśli spełnione są następujące warunki:

$$1) P \subset_i P',$$

$$2) \exists h \in \{1, \dots, \ell\} \forall b' \in B': y_{b'} = (y_1, y_2, \dots, y_{\ell}) \in Y'_{b'} \Rightarrow y_h = 0.$$

Proces twórczej destrukcji opisany przez J.A. Schumpetera ma charakter cykliczny, przebiega od jednego do drugiego punktu równowagi i jest efektem konkurencji, jaką wywołują na rynku nowe produkty albo nowe metody wytwa-

rzania w odniesieniu do starych. Oznacza to, że właściwa konkurencja przejawia się we wpływie, jaki innowacje mają na gospodarkę. Tego typu konkurencję możemy nazywać konkurencją innowacyjną (zob. Aghion i Howitt 1992, Metcalfe 2004, Shionoya 1997, 2007).

Zauważmy, że rozszerzeniu innowacyjnemu nie zawsze będzie towarzyszyć zjawisko twórczej destrukcji lub zaprzestanie działalności pewnych firm. Ponadto w pewnych warunkach zmianom innowacyjnym mogą towarzyszyć zachowania kumulatywne w działalności części uczestników rynku. W tym kontekście definiuje się specyficzny rodzaj rozszerzenia innowacyjnego, w którym producenci niebędący innowatorami zachowują zasady zmian kumulatywnych.

Definicja 2.17 (Ciałowicz i Maławski 2011)

Niech dane będą dwa systemy produkcji P i P' , takie że $P \subset_i P'$ oraz $B \subset B'$. Rozszerzenie innowacyjne systemu produkcji P zachowuje zmiany kumulatywne dla producentów niebędących innowatorami, czyli producentów ze zbioru $B - B'_i$ (symbolicznie: $P \subset_{ic} P'$), jeżeli:

- 1) $P \subset_i P'$,
- 2) $\bar{P} \subset_c \bar{P}'$, gdzie $\bar{P} = (B - B'_i, \mathbb{R}^\ell, y, p, \eta, \pi)$, $\bar{P}' = (B' - B'_i, \mathbb{R}^{\ell'}, y', p', \eta', \pi')$.

Definicja 2.18

1. Niech dane będą dwie ekonomie Debreu E i E' , takie że $E \subset_i E'$. Rozszerzenie innowacyjne ekonomii E zachowuje zmiany kumulatywne (symbolicznie: $E \subset_{ic} E'$), jeżeli $P \subset_{ic} P'$ oraz $K \subset_c K'$.

2. Niech dane będą dwie ekonomie Debreu z pieniądzem E_m i E'_m , takie że $E_m \subset_i E'_m$. Rozszerzenie innowacyjne ekonomii E_m zachowuje zmiany kumulatywne (symbolicznie: $E_m \subset_{ic} E'_m$), jeżeli $P \subset_{ic} P'$, $K \subset_c K'$ oraz $F \subset_c F'$.

2.4. Zmiany imitujące w sferze produkcji

W teorii ekonomii ewolucyjnej, której podstawy stworzył J.A. Schumpeter (1912, 1942, 1960, 1964), kluczem do analizy procesów rozwoju gospodarczego są nie tylko innowacje wprowadzane w sferze produkcji, ale również imitacje jako efekt konkurencji, w której jedne firmy dążą do przywództwa technologicznego, inne zaś zadowolają się imitowaniem istniejących rozwiązań. Zgodnie z teorią Schumpetera kombinacje czynników produkcji, jako główny czynnik ekonomicznych zmian, dzielimy na: inwencje (*invention*), innowacje (*innovation*) oraz imitacje (*imitation*). Podział ten w teorii innowacji nosi nazwę triady Schumpetera. Pierwszym ważnym etapem procesu innowacyjnego jest inwencja, czyli odkrycie naukowe lub wynalazek techniczny, które stwarzają możliwości innowacyjne. Nie-

przerwany ciąg inwencji określa postęp techniczny w danej gospodarce. Z kolei zastosowanie inwencji oznacza wprowadzenie innowacji, przez które dokonuje się rozwój. Każde kolejne zastosowanie tej samej innowacji, a więc jednocześnie ich upowszechnianie przez adaptację lub dyfuzję stanowi natomiast odrębny rodzaj zmian, zwany procesem imitacji. Zauważmy, że występowanie imitacji jest elementem niezbędnym postępu technicznego, ponieważ działalność jednego przedsiębiorcy innowatora, mająca na ogół charakter lokalny, nie jest w stanie zmienić sytuacji gospodarczej w całym systemie ekonomicznym. Natomiast masowe imitacje wynalazków wdrożonych po raz pierwszy na skalę globalną decydują o wzroście gospodarczym (Glass 1999, Madsen, Islam i Ang 2010, Berinato i Shenkar 2010). Jednocześnie wprowadzanie imitacji wpływa na osłabienie władzy monopolistycznej i pojawienie się rynku konkurencyjnego. Oczywiście trzeba pamiętać o tym, że występowanie masowych imitacji, a także doskonałej konkurencji jest ograniczone ze względu na utrudnienia w imitowaniu (ochrona patentami, trudności w dostępie do już zastosowanych rozwiązań itp.).

Zjawisko imitacji było głównym tematem prowadzonych na przełomie XIX i XX w. badań francuskiego socjologa G. Tarde'a. Rezultaty jego analizy stały się podstawą badań nad procesem dyfuzji innowacji, ponieważ G. Tarde twierdził, że dyfuzja wynalazków następuje przez proces imitacji. Zgodnie z jego teorią kolejne nowe wynalazki nie powstają jedynie z połączenia imitacji wcześniejszych wynalazków, lecz z wykorzystania imitacji, które zostały wzbogacone twórczym, kreatywnym, odautorskim elementem (Tarde 1993).

Zjawisko imitacji powszechnie występujące w gospodarkach wielu krajów opisał w swoich pracach E.M. Rogers. W książce *Diffusion of Innovations* zaproponował on krzywą dyfuzji innowacji opartą na badaniach empirycznych (2003, s. 210). Krzywa ta, mająca postać rozkładu normalnego, obejmuje kilka kategorii uczestników rynku, reprezentujących odmienne nastawienie do nowości, przy czym wyróżniona została grupa zwolenników innowacji oraz kilka rodzajów grup osób, które preferują wypróbowane i sprawdzone przez innych produkty czy technologie.

Wyniki badań empirycznych uwzględnione w przebiegu tej krzywej pokazały, że tylko 2,5% producentów (dostawców towarów i usług) to innowatorzy, lubiący ryzyko i próbujący nowości. Pozostali uczestnicy rynku to imitatorzy, których można nazwać innowatorami wtórnymi o zasięgu lokalnym. Wśród opracowań dotyczących innowacji oraz ich wpływu na rozwój gospodarczy niewiele jest jednak opracowań dotyczących decydującej roli imitatorów projektów innowacyjnych, bez których nie nastąpiłyby rozwój.

Podobnie we współczesnych opracowaniach dotyczących teorii Schumpetera (np. Aghion 2002, Andersen 2009, Hanusch i Pyka 2006, 2007a, 2007b) decydującą rolę w rozwoju ekonomicznym przypisuje się inwencjom oraz innowacjom,

natomiast rolę imitacji się pomija. Warto jednak zauważyć, że intensywność wprowadzania zmian innowacyjnych zwiększa się dzięki masowym imitatorom. W rezultacie występowanie imitacji wywołuje nierównowagę, która wymusza procesy dostosowawcze nazwane przez J.A. Schumpetera twórczą destrukcją (definicja 2.16). Zgodnie z tymi rozważaniami, w odróżnieniu od głównego nurtu badań nad schumpeterowską teorią rozwoju innowacyjnego, J. Niosi (2012) zaproponował koncepcję innowacji imitacyjnych, polegających na rozpowszechnianiu imitacji projektów nowatorskich o zasięgu lokalnym (*incremental innovations*).

Ponadto należy zauważyć, że zjawisko imitacji występuje zarówno w sferze konsumpcji, gdzie np. dyktatorzy mody znajdują wielu imitatorów, czyli generują popyt na określone towary, jak i w sferze produkcji, w której nowatorski produkt jednej firmy w krótkim czasie produkowany jest przez wielu naśladowców. Imitować można zatem dowolne plany działania uczestników rynku. Biorąc jednak pod uwagę główne założenie teorii Schumpetera, zgodnie z którym zasadniczą rolę w procesie rozwoju innowacyjnego odgrywają producenci innowatorzy oraz naśladowający ich imitatorzy innowacyjnych planów produkcji, w formalnym ujęciu tej teorii pojęcie imitacji oraz imitatora definiuje się tylko w sferze produkcji.

W związku z tym w monografii przypomniana zostanie aksjomatyzacja zjawiska imitacji w statycznym modelu systemu produkcji z wykorzystaniem aparatu pojęciowego teorii równowagi ogólnej Arrowa-Debreu (Maławski 1999, Maławski i Woerter 2006, Ciałowicz i Maławski 2011).

Definicja 2.19 (Ciałowicz 2014b)

Niech dane będą dwa systemy produkcji $P = (B, \mathbb{R}^\ell, y, p, \eta, \pi)$ i $P' = (B', \mathbb{R}^{\ell'}, y', p', \eta', \pi')$, takie że $\ell \leq \ell'$, oraz producenci $b \in B, b' \in B'$.

1. Plan produkcji $y'_b \in Y'_b$ nazywamy imitacją planu $y_b \in Y_b$, jeżeli $proj_{\mathbb{R}^\ell}(y'_b) = y_b$.

2. Producent b' nazywany jest imitatorem producenta b , jeżeli $\exists y'_b \in Y'_b, \exists y_b \in Y_b: y'_b$ jest imitacją planu y_b .

Zauważmy, że dla $\ell = \ell'$ występuje $y'_b = y_b$, czyli gdy w obu systemach mamy taką samą przestrzeń towarów, imitacja planu produkcji oznacza jego dokładne skopiowanie. Ponadto jeżeli $y'_b \in Y'_b$ jest imitacją planu $y_b \in Y_b$, to $proj_{\mathbb{R}^\ell}(y'_b) \in proj_{\mathbb{R}^\ell}(Y'_b) \cap Y_b \neq \emptyset$.

Niech B'_{im} oznacza zbiór wszystkich producentów imitatorów w systemie P' .

Wychodząc od pojęcia imitacji planu produkcji oraz imitatora w zbiorze producentów, definiuje się pojęcie imitującego rozszerzenia systemu produkcji.

Niech dane będą trzy systemy produkcji: $P = (B, \mathbb{R}^\ell, y, p, \eta, \pi)$, $P' = (B', \mathbb{R}^{\ell'}, y', p', \eta', \pi')$, $P'' = (B'', \mathbb{R}^{\ell''}, y'', p'', \eta'', \pi'')$, takie że $\ell \leq \ell' \leq \ell''$, $B = B' = B''$. Niech $P \subset_i P'$ oraz B'_i jest zbiorem producentów innowatorów w systemie P' .

Definicja 2.20 (por. Ciałowicz 2014b)

System produkcji P'' nazywamy rozszerzeniem imitującym systemu produkcji P' (symbolicznie: $P' \subset_{im} P''$), jeżeli istnieje producent innowator $b'_i \in B'_i$ oraz producent $b'' \in B''_{im}$, taki że b'' jest imitatorem producenta b'_i .

Rozszerzenie imitujące zdefiniowane powyżej nie wyklucza rozszerzenia innowacyjnego, tzn. dla danych systemów produkcji może występować $P \subset_i P''$ lub $P' \subset_i P''$.

W podobny sposób definiuje się rozszerzenie imitujące systemu produkcji z pieniądzem. Niech dane będą trzy systemy produkcji z pieniądzem: $P_m = (B, \mathbb{R}^{\ell+2}, y, p, \eta, \pi)$, $P'_m = (B', \mathbb{R}^{\ell'+2}, y', p', \eta', \pi')$, $P''_m = (B'', \mathbb{R}^{\ell''+2}, y'', p'', \eta'', \pi'')$, takie że $P_m \subset_i P'_m$, $\ell \leq \ell' \leq \ell''$, $B = B' = B''$, a B'_i jest zbiorem producentów innowatorów w systemie P'_m .

Definicja 2.21 (por. Ciałowicz i Malawski 2016)

System produkcji P''_m nazywamy rozszerzeniem imitującym systemu produkcji P'_m (symbolicznie: $P'_m \subset_{im} P''_m$), jeżeli istnieje producent innowator $b'_i \in B'_i$ oraz producent $b'' \in B''_{im}$, taki że $\exists y''_{b''} \in Y''_{b''} \exists y'_{b'_i} \in Y'_{b'_i}$: $proj_{\mathbb{R}^{\ell+2}}(y''_{b''}) = y'_{b'_i}$.

Powyższa definicja jest zgodna z koncepcją imitacji innowacyjnych zaproponowaną przez J. Niosi (2012). Zgodnie z podaną definicją w rozszerzeniu imitującym systemu produkcji w systemie P''_m działa co najmniej jeden producent b'' , który jest imitatorem producenta innowatora b'_i , czyli imitator realizuje plan produkcji $y''_{b''}$, który jest imitacją innowacyjnego planu produkcji $y'_{b'_i}$.

Podobnie jak w definicji 2.20 rozszerzenie imitujące systemu produkcji z pieniądzem nie wyklucza rozszerzenia innowacyjnego, tzn. dla danych systemów produkcji może zachodzić $P_m \subset_i P''_m$ lub $P'_m \subset_i P''_m$.

Definicja 2.22

Ekonomia Debreu z pieniądzem E'_m jest rozszerzeniem ekonomii E_m ze zmianami imitującymi w sferze produkcji (symbolicznie: $E_m \subset_{P_{im}} E'_m$), jeżeli $P_m \subset_{im} P'_m$.

Niech dane będą trzy systemy produkcji z pieniądzem: $P_m = (B, \mathbb{R}^{\ell+2}, y, p, \eta, \pi)$, $P'_m = (B', \mathbb{R}^{\ell'+2}, y', p', \eta', \pi')$, $P''_m = (B'', \mathbb{R}^{\ell''+2}, y'', p'', \eta'', \pi'')$.

Twierdzenie 2.1 (por. Ciałowicz 2014b)

Niech $P_m \subset_i P'_m \subset_{im} P''_m$ oraz $\ell \leq \ell' = \ell''$.

Jeżeli $\exists b \in B \exists b' \in B'_i \subset B' \exists y'_{b'} \in Y'_{b'} \exists y''_{b''} \in Y''_{b''}$,

1) $y''_{b''} \in Y''_{b''} \cap Y'_{b'} \neq \emptyset$,

2) $y'_{b'}$ jest innowacyjnym planem produkcji,

3) plan produkcji $y''_{b''}$ jest imitacją planu innowacyjnego $y'_{b'}$,

to $y''_{b''}$ jest innowacyjnym planem produkcji w podsystemie \bar{P}'' ekonomii P'' , takim że $\bar{B} = B'' \setminus B_i$ ($\bar{P}_m \subset_i \bar{P}''_m$).

Dowód

Niech $y'_b \in Y'_b$ jest innowacyjnym planem produkcji. Oznacza to, że dla każdego $b \in B$ $y'_b \in (\text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell+2}}(Y'_b) \setminus Y_b)$ $y'_b \in \eta'_b(p')$ oraz $\pi_b(p) < \pi'_b(p') = p'y'_b$. Zgodnie z definicją 2.19, jeżeli $y''_{b'} \in Y''_{b'}$ jest imitacją innowacyjnego planu y'_b , to dla $\ell' = \ell''$ $\text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell'+2}}(Y''_{b'}) = Y''_{b'} = Y'_b$. Ponadto dla każdego $b'' \in B'' \setminus B_i = \bar{B}''$ $y''_{b''} \in (\text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell'+2}}(Y''_{b''}) \setminus Y_{b''})$, $y''_{b''} \in \eta''_{b''}(p'')$ oraz $\pi_{b''}(p) < \pi''_{b''}(p'') = p''y''_{b''} = p'y'_b$. Oznacza to, że $y''_{b''}$ jest planem innowacyjnym w systemie \bar{P}'' . Stąd $\bar{P}_m \subset_i \bar{P}''_m$.

Twierdzenie 2.2 (por. Ciałowicz 2014b)

Niech $P_m \subset_i P'_m \subset_{im} P''_m$, $B = B' = B''$, $\ell \leq \ell' = \ell''$ oraz $b'_i \in B'_i$ jest innowatorem. Jeżeli istnieje producent $b'' \in B'' \setminus B'_i = \bar{B}''$, który jest imitatorem producenta b'_i to b'' jest innowatorem w podsystemie \bar{P}''_m systemu produkcji P''_m , takim że $\bar{B}'' = B'' \setminus B'_i$.

Dowód

Niech $b'_i \in B'_i$ jest innowatorem, natomiast $b'' \in B'' \setminus B'_i$ jest imitatorem producenta b'_i . Oznacza to, że istnieje plan produkcji $y'_b \in Y'_b$, taki że y'_b jest planem innowacyjnym oraz istnieje plan produkcji $y''_{b''} \in Y''_{b''}$, dla którego $y''_{b''} = y'_b$. Zgodnie z twierdzeniem 2.1 $y''_{b''}$ jest innowacyjnym planem produkcji w podsystemie \bar{P}''_m systemu P''_m , takim że $\bar{B}'' = B'' \setminus B'_i$. Stąd b'' jest innowatorem w podsystemie \bar{P}''_m .

Twierdzenia 2.1 oraz 2.2 można zinterpretować w ten sposób, że imitacja planu innowacyjnego jest planem innowacyjnym względem modelu pierwotnego, a każdy imitator jest wtórnym innowatorem. Zauważmy jednocześnie, że w systemie P''_m można wyróżnić dwa rodzaje innowatorów. Pierwszy rodzaj to innowatorzy pierwotni, zgodnie z definicją 2.11 (jeżeli $P_m \subset_i P''_m$ lub $P'_m \subset_i P''_m$), natomiast drugi rodzaj, to innowatorzy wtórni, którzy są imitatorami innowatorów z systemu P'_m .

Uwaga

Jeżeli $P_m \subset_i P'_m \subset_{im} P''_m$ oraz $B = B' = B''$, to $\bar{B}''_{im} = \bar{B}'_i$ (zbiór imitatorów jest zbiorem innowatorów wtórnych).

Zjawisko imitacji innowacyjnych planów produkcji oraz działalność imitatorów ma znaczący wpływ na zmiany w całym systemie ekonomicznym. W szczególności może powodować intensyfikację zmian innowacyjnych, ponieważ rozszerzenie imitujące, w którym działa więcej imitatorów, jest bardziej innowacyjne od tego, w którym imitatorów jest mniej. W analizie tego wpływu jednym z najważniejszych, a zarazem najtrudniejszych zadań, jest porównywanie innowacyjności systemu produkcji z pieniądzem, dlatego zaproponowana została specyficzna podażowa metryka innowacyjna uwzględniająca specyficzne zmiany w elementach charakterystyki danego modelu formalnego, decydujące o jego innowacyjności.

Niech dany będzie system produkcji z pieniądzem $P_m = (B, \mathbb{R}^{\ell+2}; y, p, \eta, \pi)$ oraz zbiór wszystkich jego rozszerzeń innowacyjnych $P^i_m = \{P^i_m : P_m \subset_i P^i_m\}$.

Definicja 2.23 (por. *Innovative Economy...* 2013)

Odwzorowanie $\rho_i: (\mathbf{P}_m^i \cup \{P\}) \times (\mathbf{P}_m^i \cup \{P\}) \rightarrow \mathbb{R}$ nazywamy podażową metryką innowacyjną, jeżeli dla każdego dwóch systemów produkcji z pieniądzem $P_{m1}^i, P_{m2}^i \in \mathbf{P}_m^i \cup \{P\}$:

$$\rho_{pi}(P_{m1}^i, P_{m2}^i) \begin{cases} 0 & \text{dla } P_{m1}^i = P_{m2}^i \\ |\ell_1 - \ell_2| & \text{dla } \ell_1 \neq \ell_2 \\ |card(B_i^1) - card(B_i^2)| & \text{dla } \ell_1 = \ell_2 \text{ oraz } card(B_i^1) \neq card(B_i^2) \\ |\pi^1(p^1) - \pi^2(p^2)| & \text{dla } \ell_1 = \ell_2, card(B_i^1) = card(B_i^2) \\ & \text{oraz } \pi^1(p^1) = \sum_{b \in B^1} \pi_b^1(p^1) \neq \pi^2(p^2) = \sum_{b \in B^2} \pi_b^2(p^2). \end{cases}$$

Definicja 2.23 wprowadza klasyfikację w zmianach elementów charakterystyki danego systemu produkcji, a jednocześnie uporządkowanie w zbiorze jego rozszerzeń innowacyjnych. W szczególności przypadek $\ell_1 \neq \ell_2$ dotyczy różnicy w innowacjach produktowych (zob. podrozdział 1.3), związanych z wprowadzeniem na rynek towarów lub usług zupełnie nowych lub takich, które są ulepszoną wersją dóbr dostępnych w modelu wcześniejszym. W przypadku $\ell_1 = \ell_2$ oraz $card(B_i^1) \neq card(B_i^2)$ nie występują innowacje produktowe, ale systemy produkcji różnią się liczebnością zbiorów producentów innowatorów. Ostatni przypadek dotyczy sytuacji, w której zbiory producentów innowatorów w obu rozszerzeniach innowacyjnych są takie same, ale innowacyjne zmiany w technologiach ukryte są w różnicy pomiędzy maksymalnymi zyskami całkowitymi.

Wprowadzona metryka daje możliwość mierzenia odległości dwóch systemów produkcji z pieniądzem ze względu na różnice pomiędzy wskazanymi elementami charakterystyki. W szczególności możliwa jest klasyfikacja innowacyjności dwóch rozszerzeń systemu przez porównywanie ich odległości od modelu wyjściowego.

Definicja 2.24 (por. Ciałowicz i Malawski 2016)

System produkcji z pieniądzem P_{m2}^i nazywamy:

1) co najmniej tak innowacyjnym rozszerzeniem systemu produkcji z pieniądzem P_m jak system P_{m1}^i (symbolicznie: $P_{m1}^i \leq_i P_{m2}^i$), jeżeli $\rho_{pi}(P_{m1}^i, P_m) \leq \rho_{pi}(P_{m2}^i, P_m)$,

2) bardziej innowacyjnym rozszerzeniem systemu produkcji P_m niż system P_{m1}^i (symbolicznie $P_{m1}^i \prec_i P_{m2}^i$), jeżeli $\rho_{pi}(P_{m1}^i, P_m) \leq \rho_{pi}(P_{m2}^i, P_m)$.

Wykorzystując definicję 2.24, można przeprowadzić analizę roli imitatorów w rozwoju innowacyjnym.

Twierdzenie 2.3 (por. Ciałowicz i Malawski 2016)

Niech dane będą dwa różne systemy produkcji z pieniądzem $P''_{m1} = (B^1, \mathbb{R}^{\ell_1+2}, y^1, p^1, \eta^1, \pi^1)$, $P''_{m2} = (B^2, \mathbb{R}^{\ell_2+2}, y^2, p^2, \eta^2, \pi^2)$ będące rozszerzeniami imitującymi systemu $P'_m = (B', \mathbb{R}^{\ell'+2}, y', p', \eta', \pi')$, który jednocześnie jest rozszerzeniem innowacyjnym systemu $P_m = (B, \mathbb{R}^{\ell+2}, y, p, \eta, \pi)$ (symbolicznie: $P_m \subset_i P'_m, P'_m \subset_{im} P''_{m1}, P'_m \subset_{im} P''_{m2}$).

Jeżeli:

- 1) $p' = p^1 = p^2, \ell = \ell' = \ell_1 = \ell_2,$
- 2) $P'_m \not\subset_i P''_{m1}$ oraz $P'_m \not\subset_i P''_{m2},$
- 3) $\sum_{b \in B} c_b < \sum_{b \in B^1} c''_b$ oraz $\sum_{b \in B} c_b < \sum_{b \in B^2} c''_b,$
- 4) $\text{card}(B_i) = 0$ oraz $\text{card}(B^1_{im}) < \text{card}(B^2_{im}),$

to $P''_{m1} \not\subset_i P''_{m2}$.

Dowód

Z założenia 3, a także twierdzenia 2.2 oraz definicji 2.12 wynika, że $P_m \subset_i P''_{m1}$ oraz $P_m \subset_i P''_{m2}$. Ponadto zgodnie z założeniem 2: $B^1_{im} = B^1_i$ oraz $B^2_{im} = B^2_i$.

W rezultacie, biorąc pod uwagę założenie 1 oraz założenie 4, otrzymujemy: $\rho_{pi}(P''_{m1}, P_m) = |\text{card}(B^1_i) - \text{card}(B_i)| = \text{card}(B^1_i)$ oraz $\rho_{pi}(P''_{m2}, P_m) = |\text{card}(B^2_i) - \text{card}(B_i)| = \text{card}(B^2_i)$. Stąd $\text{card}(B^1_i) = \text{card}(B^1_{im}) < \text{card}(B^2_i) = \text{card}(B^2_{im})$ zgodnie z definicją 2.24 oznacza, że $P''_{m1} \not\subset_i P''_{m2}$.

Twierdzenie 2.3 pokazuje, że istnieje związek pomiędzy występowaniem imitacji planów innowacyjnych, a jakością zmian innowacyjnych w modelu systemu produkcji z pieniądzem. W szczególności wykazano, że im więcej działa imitatorów w sferze produkcji, tym intensywniejsze są zmiany innowacyjne, co wpływa na rozwój gospodarczy całego systemu.

3. Innowacyjność konsumentów

3.1. Charakterystyka innowacyjnych planów produkcji i konsumpcji

Nie ulega wątpliwości, że w XXI w. gospodarki współczesnych państw rozwijają się dzięki innowacyjności, która jest kluczowa z punktu widzenia osiągnięcia wysokiego tempa rozwoju gospodarczego (np. Malerba 2007, Windrum 2007). Jednocześnie poziom innowacyjności państwa zależy od działalności producentów, którzy decydują się na realizację innowacyjnych planów produkcji. Plany tego typu decydują o sukcesie firmy w konkurencyjnym środowisku. Upowszechnienie innowacji następuje dzięki innowacyjnym postawom konsumentów. Zgodnie z tym formalne ujęcie ewolucji innowacyjnej ekonomii Debreu z pieniądzem wymaga zdefiniowania innowacyjnych planów działania zarówno producentów, jak i konsumentów oraz sformułowania pojęcia proinnowacyjnej postawy konsumentów uzewnętrznionej w ich relacjach preferencji.

Definicja innowacyjnego rozszerzenia systemu produkcji (definicja 2.11) daje możliwość zdefiniowania innowacyjnego planu produkcji oraz wyróżnienia w przestrzeni towarów produktów innowacyjnych. Zgodnie z tą definicją w zbiorze technologicznie możliwych planów produkcji producenta innowatora $b' \in B'_i$ możemy wyróżnić innowacyjne plany produkcji y'_b , tzn. plany dotychczas nieosiągalne i przynoszące zysk większy niż dotychczasowy. Ponadto zmiany innowacyjne dotyczą produkcji konkretnego towaru, czyli konkretnej współrzędnej w wyróżnionym planie produkcji y'_b . Oznacza to, że jeżeli $y'_b = (y'_1, y'_2, \dots, y'_\ell) \in Y'_b$ jest innowacyjnym planem produkcji, to warunek 2.1 definicji 2.11 ($proj_{\mathbb{R}^\ell}(Y'_b) \not\subseteq Y_b$) możemy zapisać w postaci równoważnej:

$$\forall y_b = (y_1, y_2, \dots, y_\ell) \in Y_b \exists k \in \{1, 2, \dots, \ell\}: y'_k \neq y_k.$$

Jednocześnie wskazuje to na pojawienie się innowacyjnych zmian w produkcji towaru k , dlatego towar taki nazwiemy innowacyjnym.

Definicja 3.1 (por. Ciałowicz 2015)

Niech dane będą dwa systemy produkcji $P = (B, \mathbb{R}^\ell, y, p, \eta, \pi)$ i $P' = (B', \mathbb{R}^{\ell'}, y', p', \eta', \pi')$, takie że $P \subset_i P'$.

1. Plan produkcji $y'_b \in Y'_b$ producenta $b' \in B'_i$ nazywamy innowacyjnym, jeżeli $\text{proj}_{\mathbb{R}^\ell}(y'_b) \notin Y_b$ oraz $\text{proj}_{\mathbb{R}^\ell}(y'_b) \notin \eta_b(p)$ i $\pi_b(p) < \pi'_b(p') = p'y'_b$, dla każdego producenta $b \in B$ (spełnione są warunki 2.1, 2.2 i 2.3 definicji 2.11).

2. Towar k nazywany jest innowacyjnym, jeżeli $\ell < k \leq \ell'$ lub $k \in \{1, 2, \dots, \ell\}$ oraz istnieje co najmniej jeden producent innowator $b' \in B'_i$ oraz innowacyjny plan produkcji $y'_b = (y'_1, y'_2, \dots, y'_\ell) \in Y'_b$, taki że dla każdego producenta oraz dowolnego planu produkcji $y_b = (y_1, y_2, \dots, y_\ell) \in Y_b$ spełniony jest warunek $y'_k \neq y_k$.

Zgodnie z definicją 3.1 innowacyjne plany produkcji to plany producenta innowatora, których nie mógł zrealizować żaden z producentów wcześniej działających na rynku, a jednocześnie są to plany maksymalizujące zysk innowatora oraz dające zysk większy niż dotychczas osiągniany. Jednocześnie zauważmy, że nie każdy nowatorski plan produkcji jest innowacyjny, ponieważ pojęcie to zawiera w sobie dwa wymiary: kreowanie nowości oraz tworzenie wartości w postaci zysku producenta. Natomiast towar innowacyjny to nowy produkt wprowadzony w ekonomii ($\ell < k \leq \ell'$) lub towar, w którego produkcji zastosowano nowe kombinacje czynników produkcji (nowe technologie). Oznacza to, że w rozszerzeniu innowacyjnym systemu produkcji zmiany zachodzą w produkcji określonego innowacyjnego towaru k . Ponadto jeżeli dany produkt jest nieinnowacyjny, to nie zachodzą zmiany w jego poziomie produkcji, tzn. dla $k' \neq k$ spełniony jest warunek $y'_{k'} = y_k$. Zauważmy, że wśród współrzędnych innowacyjnego planu produkcji musi wystąpić towar innowacyjny, ale nie każdy plan produkcji, w którym występuje produkt innowacyjny, jest planem innowacyjnym ze względu na kryterium osiąganego zysku.

Pojęcie towaru innowacyjnego umożliwia w przestrzeni towarów \mathbb{R}^ℓ wyróżnienie podprzestrzeni produktów innowacyjnych. Zgodnie z tym przestrzeń towarów możemy zapisać w postaci: $\mathbb{R}^\ell = \mathbb{R}^{\ell' + \ell_n} = \mathbb{R}^{\ell'} \times \mathbb{R}^{\ell_n}$, gdzie:

- $\mathbb{R}^{\ell'}$ jest (rzeczywistą) przestrzenią towarów innowacyjnych,
- \mathbb{R}^{ℓ_n} jest (rzeczywistą) przestrzenią towarów nieinnowacyjnych.

Zauważmy, że zgodnie z definicją 3.1, jeżeli liczba towarów w rozszerzeniu innowacyjnym nie zmienia się ($\ell = \ell'$), to dla każdego innowacyjnego planu produkcji $y'_b \in Y'_b$ producenta $b' \in B'$ oraz dowolnego planu produkcji $y_b \in Y_b$ producenta $b \in B$:

1) dla towaru $k = 1, 2, \dots, \ell'$, dla którego $y'_k \neq y_k$, towar ten jest towarem innowacyjnym, czyli $k \in \{1, 2, \dots, \ell_I\}$,

2) dla towaru $\bar{k} \neq k$, takiego że $\bar{y}_k = y_{\bar{k}}$, towar ten nie jest innowacyjny, czyli $\bar{k} \in \{1, 2, \dots, \ell_n\}$.

Ponadto w zbiorze technologicznie możliwych planów produkcji Y_b każdego producenta $b \in B$ możemy wprowadzić podział logiczny, czyli podzielić go na dwa rozłączne podzbiory Y_b^I oraz Y_b^N , tzn. $Y_b = Y_b^I \cup Y_b^N$, gdzie $Y_b^I \cap Y_b^N = \emptyset$, Y_b^I jest zbiorem innowacyjnych planów produkcji, Y_b^N jest zbiorem nieinnowacyjnych planów produkcji.

Podobnie zgodnie z definicją rozszerzenia innowacyjnej ekonomii Debreu z pieniądzem przestrzeni towarów z oszczędnościami i kredytem możemy zapisać w postaci: $\mathbb{R}^{\ell'+2} = \mathbb{R}^{\ell'+\ell_n+2} = \mathbb{R}^{\ell'} \times \mathbb{R}^{\ell_n} \times \mathbb{R}^2$.

Ze względu na cel przedstawionej pracy zakładamy, że towar innowacyjny jest wejściem¹ dla konsumenta oraz wyjściem² dla producenta (ilość tego towaru jest reprezentowana przez współrzędne dodatnie zarówno w planie produkcji, jak i w planie konsumpcji). Zauważmy, że dla konsumenta najważniejsze są innowacje produktowe, czyli nowe towary lub usługi zaspokajające jego nowe lub istniejące potrzeby, ale w odmienny sposób. Innowacjami są jednocześnie nie tylko nowe produkty, ale również ulepszone i zmodyfikowane dotychczasowe rozwiązania.

Niech dana będzie ekonomia Debreu z pieniądzem $E_m = (P_m, K_m, F, \theta, \varpi_m, \mu)$ oraz jej rozszerzenie innowacyjne $E'_m = (P'_m, K'_m, F', \theta', \varpi'_m, \mu')$ (tzn. $E_m \subset_i E'_m$).

Definicja 3.2

Innowacyjny plan produkcji $y_{b'} \in Y_{b'} \subset \mathbb{R}^{\ell'+2}$ producenta $b' \in B'$ nazywamy:

1) co najmniej tak innowacyjnym jak plan produkcji $y_{b''} \in Y_{b''} \subset \mathbb{R}^{\ell'+2}$ producenta $b'' \in B'$ (symbolicznie: $y_{b'} \leq_I y_{b''}$), jeżeli: $proj_{\mathbb{R}^{\ell'}}(y_{b'}) \leq proj_{\mathbb{R}^{\ell'}}(y_{b''})$ oraz $p_m y_{b'} \leq p_m y_{b''}$,

2) bardziej innowacyjnym niż plan produkcji $y_{b''} \in Y_{b''} \subset \mathbb{R}^{\ell'+2}$ producenta $b'' \in B'$ (symbolicznie: $y_{b'} <_I y_{b''}$) jeżeli: $proj_{\mathbb{R}^{\ell'}}(y_{b'}) < proj_{\mathbb{R}^{\ell'}}(y_{b''})$ oraz $p_m y_{b'} < p_m y_{b''}$.

Zgodnie z definicją 3.2 plan produkcji jest bardziej innowacyjny niż inny plan, jeżeli wszystkie jego współrzędne reprezentujące towary innowacyjne (wyjścia w planie produkcji) są nie mniejsze niż odpowiednie współrzędne w planie produkcji mniej innowacyjnym oraz co najmniej jedna z nich jest większa, a zysk otrzymany z jego realizacji jest większy niż zysk z realizacji planu mniej innowacyjnego. Jednocześnie na podstawie wprowadzonej definicji porównujemy innowacyjność producentów: bardziej innowacyjny jest ten producent, który produkuje więcej towarów innowacyjnych i osiąga większy zysk. Jest to zgodne z założeniem, że jednym z mierników powodzenia innowacji jest osiągany dzięki niej zysk.

Zauważmy, że jeżeli plan produkcji $y_{b'} = (y_1, y_2, \dots, y_\ell, 0, -c)$ nie jest innowacyjny, tzn. $proj_{\mathbb{R}^{\ell'}}(y_{b'}) = \mathbf{0}$, gdzie $\mathbf{0} = (0, 0, \dots, 0)$, to każdy innowacyjny plan produkcji $y_{b'} = (y'_1, y'_2, \dots, y'_\ell, 0, -c')$, dla którego $c' = c$ (wielkość kredytu inwesty-

¹ Zgodnie z punktem widzenia konsumenta opisanym w pkt 2.1.3.

² Zgodnie z punktem widzenia producenta opisanym w pkt 2.1.2.

cyjnego jest taka sama), jest bardziej innowacyjny od planu $y_{b''}$, czyli $y_{b''} <_I y_{b'}$, jeżeli³ $\text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell_t}}(p_m) \geq \mathbf{0}$.

W tym samym modelu ekonomii Debreu z pieniądzem wprowadza się pojęcie innowacyjnego planu konsumpcji oraz możliwość porównywania ze sobą takich planów ze względu na współrzędne decydujące o ich innowacyjności.

Definicja 3.3 (por. Ciałowicz 2015)

Plan konsumpcji $x' \in \mathbb{R}^{\ell+2}$ nazywany jest innowacyjnym, jeżeli $\text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell_t}}(x') > \mathbf{0}$, gdzie $\mathbf{0} = (0, 0, \dots, 0)$.

Definicja ta mówi, że plan konsumpcji jest innowacyjny, jeżeli wśród jego współrzędnych reprezentujących wejścia co najmniej jedna jest dodatnia, czyli wśród towarów konsumowanych co najmniej jeden jest innowacyjny.

Ponadto z definicji 3.3 wynika, że w zbiorze budżetowym β_a każdego konsumenta $a \in A$ możemy wprowadzić podział logiczny, czyli podzielić go na dwa rozłączne podzbiory β_a^I oraz β_a^N , tzn. $\beta_a = \beta_a^I \cup \beta_a^N$, gdzie $\beta_a^I \cap \beta_a^N = \emptyset$, β_a^I jest zbiorem innowacyjnych planów konsumpcji, β_a^N jest zbiorem nieinnowacyjnych planów konsumpcji.

Definicja 3.4 (por. Ciałowicz 2015)

Plan konsumpcji $x_{a'} = (x'_1, \dots, x'_{\ell'}, s_{a'}, c_{a'}) \in X_{a'} \subset \mathbb{R}^{\ell+2}$ konsumenta $a' \in A'$ nazywany jest:

1) co najmniej tak innowacyjnym jak plan $x_{a''} = (x''_1, \dots, x''_{\ell'}, s_{a''}, c_{a''}) \in X_{a''} \subset \mathbb{R}^{\ell+2}$ konsumenta $a'' \in A'$ (symbolicznie: $x_{a''} \leq_I x_{a'}$), jeżeli $\text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell_t}}(x_{a''}) \leq \text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell_t}}(x_{a'})$ oraz $c_{a''} \leq c_{a'}$,

2) bardziej innowacyjnym niż plan $x_{a''} = (x''_1, \dots, x''_{\ell'}, s_{a''}, c_{a''}) \in X_{a''} \subset \mathbb{R}^{\ell+2}$ konsumenta $a'' \in A'$ (symbolicznie: $x_{a''} <_I x_{a'}$), jeżeli $\text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell_t}}(x_{a''}) < \text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell_t}}(x_{a'})$ oraz $c_{a''} < c_{a'}$.

Zgodnie z definicją 3.4 plan konsumpcji $x_{a'}$ jest bardziej innowacyjny od planu $x_{a''}$, jeśli każda współrzędna reprezentująca towar innowacyjny jest nie mniejsza od odpowiedniej współrzędnej drugiego planu konsumpcji i co najmniej jedna z nich jest większa (więcej jest konsumowanych towarów innowacyjnych) oraz wysokość kredytu konsumentckiego jest nie mniejsza. Zauważmy, że dla nieinnowacyjnego planu konsumpcji x_a , czyli takiego, że $\text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell_t}}(x_a) = \mathbf{0}$, plan ten jest gorszy niż każdy plan innowacyjny z tą samą wysokością kredytu konsumentckiego.

³ Warunek ten oznacza, że wśród dóbr innowacyjnych nie ma towarów szkodliwych (zgodnie z opisem przestrzeni cen w pkt 2.1.2).

3.2. Proinnovazione relacje preferencji dotyczące towarów innowacyjnych

Innowacyjność jako element charakterystyki konsumentów ujawnia się w ich indywidualnych relacjach preferencji. Jednocześnie trzeba zauważyć, że preferencje te mogą mieć wpływ na dwa rodzaje działalności. Przede wszystkim innowacyjność konsumentów widoczna jest w ich podejściu do towarów innowacyjnych (konsumpcyjnych) uwzględnianych w planach konsumpcji. Innowacyjność tego typu oznacza skłonność do kupowania nowości w zakresie produktów i usług. Odmianą postawą jest zachowanie konserwatywne, niechęć do nowości. Jednocześnie konsumenci będący udziałowcami w firmach mają wpływ na decyzje dotyczące realizacji innowacyjnych planów produkcji.

Z powyższych rozważań wynika, że na innowacyjność konsumentów można popatrzeć z dwójakiej perspektywy. Z jednej strony, dla konsumentów charakteryzowanych przez proinnovazione relację preferencji optymalnym planem konsumpcji będzie plan zawierający jak najwięcej towarów innowacyjnych (zob. Ciałowicz 2015). Z drugiej strony, konsumenci jako właściciele firm mogą decydować o realizacji innowacyjnych planów produkcji ze względu na swoją proinnovazione podażową relację preferencji (zob. Ciałowicz i Maławski 2013).

Rozważmy najpierw innowacyjność związaną z wyborem optymalnego planu konsumpcji, czyli taką cechą osobowości konsumenta, która skłania go do wcześniejszego akceptowania nowości, oparcia swoich wyborów na innowacjach. Jest to jednocześnie gotowość i motywacja do zakupu i użytkowania produktów innowacyjnych. Wykorzystując pojęcie innowacyjnych planów konsumpcji, wprowadza się definicję proinnovazione relacji preferencji w celu wyróżnienia w zbiorze tych konsumentów, którzy są zainteresowani innowacyjnymi rozwiązaniami i otwarci na nie, a następnie definiuje się specyficzne rozszerzenie innowacyjne systemu konsumpcji.

Definicja 3.5 (por. Ciałowicz 2015)

Mówimy, że relacja preferencji $\preceq_a \subset \mathbb{R}^{\ell+2} \times \mathbb{R}^{\ell+2}$ konsumenta $a \in A'$ jest proinnovazione, jeżeli dla każdego dwóch planów konsumpcji $x_a, \tilde{x}_a \in X_a$ spełniony jest warunek: $x_a \prec_I \tilde{x}_a \Rightarrow x_a \prec_a \tilde{x}_a$, czyli konsument ten preferuje bardziej innowacyjny plan konsumpcji.

Zauważmy, że jeżeli konsumenta a charakteryzuje proinnovazione relacja preferencji, to każdy innowacyjny plan konsumpcji jest dla niego lepszy niż każdy plan nieinnowacyjny oraz dla każdego dwóch planów innowacyjnych planem lepszym jest ten, w którym jest możliwość konsumpcji większej liczby towarów innowacyjnych. Ogólnie mówiąc, proinnovazione relacja preferencji motywuje konsumentów do szukania nowości, a zarazem intelektualnych i emocjonal-

nych wyzwiań. Proinnovazione uczestnicy rynku są otwarci na zmiany, nie boją się wyzwań, cechuje ich ciekawość, chęć poznawania i odkrywania. Tego typu postawa konsumenta wpływa na kreowanie przez niego rynku przez wybór określonych produktów czy usług, stąd znajduje się ona w centrum uwagi producentów, którzy na konsumentach koncentrują swoje działania, aby jak najlepiej zaspokoić ich pragnienia i potrzeby.

Wykorzystując powyższe definicje, można wykazać, że dla konsumenta z proinnovazione relacją preferencji najlepszy plan konsumpcji jest planem innowacyjnym.

Rozważmy system konsumpcji z pieniądzem : $K_m = (A, \mathbb{R}^{\ell+2}, Pref, x, e, \varepsilon, p, \beta, \varphi)$.

Twierdzenie 3.1

Niech dany będzie konsument $a \in A$ charakteryzowany przez niepusty zbiór konsumpcji $X_a \neq \emptyset$ oraz przez relację preferencji \preceq_a . Jeżeli:

1) $\exists x_a \in \beta_a \neq \emptyset$ $x_a = (x_1, \dots, x_\ell, s_a, c_a)$ jest innowacyjnym planem konsumpcji,

2) relacja preferencji danego konsumenta \preceq_a jest proinnovazione,

to $\forall x_a^* \in \varphi(a) := \{x'_a \in \beta_a : \forall x_a \in \beta_a \ x_a \preceq_a x'_a\}$, $x_a^* = (x_1^*, \dots, x_\ell^*, s_a^*, c_a^*)$, gdzie $c_a^* = c_a$ jest innowacyjnym planem konsumpcji.

Dowód (nie wprost)

Założmy, że istnieje optymalny plan konsumpcji $x_a^* \in \varphi(a)$, który nie jest planem innowacyjnym, tzn. $proj_{\mathbb{R}^{\ell}}(x_a^*) = \mathbf{0}$, oraz istnieje innowacyjny plan konsumpcji $x_a \in \beta_a \neq \emptyset$, dla którego: $proj_{\mathbb{R}^{\ell}}(x_a) > 0$. Jeżeli $proj_{\mathbb{R}^{\ell}}(x_a^*) < proj_{\mathbb{R}^{\ell}}(x_a)$ oraz $c_a^* = c_a$, to zgodnie z założeniem 2 $x_a^* \prec_a x_a$. Jednocześnie zgodnie z definicją korespondencji popytu $x_a^* \in \varphi(a)$, więc $x_a \preceq_a x_a^*$, co jest sprzecznością z $x_a^* \prec_a x_a$.

Twierdzenie 3.1 mówi, że jeżeli w zbiorze budżetowym konsumenta a , charakteryzującego się proinnovazione relacją preferencji, znajduje się innowacyjny plan konsumpcji, każdy plan konsumpcji x_a^* maksymalizujący jego relację preferencji w zbiorze budżetowym, w którym wysokość kredytu konsumpcyjnego jest taka sama, jest innowacyjny.

Niech dane będą dwa systemy konsumpcji $K = (A, \mathbb{R}^{\ell}, Pref, \chi, e, \varepsilon, p, \beta, \varphi)$ oraz $K' = (A', \mathbb{R}^{\ell'}, Pref', \chi', e', \varepsilon', p', \beta', \varphi')$.

Definicja 3.6 (Ciałowicz 2015)

System konsumpcji K' jest innowacyjnym rozszerzeniem systemu K (symbolicznie: $K \subset_{K'} K'$), jeżeli:

1) $\ell = \ell'$,

2) $p = p'$,

3) istnieje konsument $a' \in A'$, dla którego spełnione są warunki:

3.1) relacja preferencji $\preceq_{a'}$ jest proinnovazione, a

3.2) $\beta_{a'}^I \neq \emptyset$,

3.3) $\exists x_{a'}' \in \varphi_{a'}' \quad \forall a \in A \quad \forall x_a \in \varphi_a \quad x_a <_I x_{a'}'$.

System konsumpcji K' jest rozszerzeniem innowacyjnym systemu K , jeśli istnieje co najmniej jeden konsument a' charakteryzowany przez proinnovazione relację preferencji (definicja 3.5; warunek 3.1) oraz w zbiorze jego możliwych planów konsumpcyjnych istnieje co najmniej jeden plan innowacyjny (definicja 3.3; warunek 3.2). Ponadto konsument ten ma możliwość realizacji optymalnego planu konsumpcji bardziej innowacyjnego (definicja 3.4) niż optymalne plany konsumentów działających w systemie wyjściowym K (warunek 3.3).

W szczególnym przypadku, gdy $\ell < \ell'$, czyli na rynku pojawiły się nowe towary, definicja 3.6 opisuje cztery rodzaje zmian strukturalnych w sferze konsumpcji, tzn.:

- 1) wprowadzenie nowych (innowacyjnych) towarów (warunek 1),
- 2) możliwość realizacji innowacyjnego planu konsumpcji (warunek 3.2),
- 3) zmiany w relacjach preferencji w stosunku do innowacyjnych planów konsumpcji (warunek 3.1),
- 4) możliwość realizacji planu konsumpcji bardziej innowacyjnego niż dotychczasowe (warunek 3.3).

Podobnie definiujemy rozszerzenie innowacyjne systemu konsumpcji z pieniądzem, zakładając dodatkowo, że wśród konsumentów działających wcześniej na rynku istnieją tacy, dla których ograniczenia budżetowe poprawiły się dzięki nowym kredytom konsumpcyjnym dającym im możliwość realizacji nowych (innowacyjnych) planów konsumpcji.

Definicja 3.7

System konsumpcji z pieniądzem K'_m jest rozszerzeniem innowacyjnym systemu K_m (symbolicznie: $K_m \subset_{K_i} K'_m$), jeżeli:

1) $proj_{\mathbb{R}^\ell}(K_m) = K \subset_{K_i} proj_{\mathbb{R}^\ell}(K'_m) = K'$,

2) $\exists a \in A \quad c_a < c'_a$.

Definicja 3.8 (Ciałowicz 2015)

Ekonomię Debreu $E' = (\mathbb{R}^{\ell'}, P', K', \theta', \omega')$ nazywamy rozszerzeniem ekonomii $E = (\mathbb{R}^\ell, P, K, \theta, \omega)$ ze zmianami innowacyjnymi w sferze konsumpcji (symbolicznie: $E \subset_{K_i} E'$), jeżeli $K \subset_{K_i} K'$.

3.3. Proinnovazione preferencje podaźowe

W zmodyfikowanej ekonomii Debreu z pieniądzem oraz podaźowymi relacjami preferencji, wprowadzonej w rozdziale 2, konsumenci mają wpływ na

wybory optymalnych planów produkcji jako udziałowcy (współwłaściciele) firm i kierują się przy tym specyficzną podażową relacją preferencji (definicja 2.3). Relacja ta określa kryteria, według których konsument dokonuje wyboru danego planu działania i opiera się na jego indywidualnych potrzebach, gustach i upodobaniach. W rezultacie konsument będący zwolennikiem innowacji może przyczynić się do decyzji o realizacji innowacyjnego planu produkcji, a więc mieć wpływ na rozszerzenie innowacyjnego systemu produkcji oraz na zmiany innowacyjne w całej ekonomii Debreu z pieniądzem. Stąd wśród wszystkich podażowych relacji preferencji wyróżnia się relacje proinnowacyjne.

Rozważmy ekonomię Debreu z pieniądzem oraz podażowymi relacjami preferencji: $E_m^A = (P_m, K_m, F, \theta, \varpi_m, \mu, \{\underline{A}_a\})$.

Definicja 3.9

Niech dany będzie producent $b \in B$, dla którego⁴ $Y_b^I \neq \emptyset$ oraz konsument $a \in A$, dla którego $\theta_{ab} \neq 0$. Podażową relację preferencji \underline{A}_a nazwiemy proinnowacyjną wtedy i tylko wtedy, gdy: $\forall y_b^I \in Y_b^I \quad \forall y_b \in Y_b \quad y_b \underline{A}_a y_b^I$.

Zgodnie z definicją 3.9 konsument a , będący współudziałowcem zysków pewnego producenta b , jest charakteryzowany przez proinnowacyjną podażową relację preferencji, jeżeli woli on innowacyjne plany produkcji od innych planów technologicznie możliwych danego producenta. Postawa tego typu oznacza otwartość na wdrożenie nowego lub ulepszenie produkowanego wcześniej produktu (wyrobu lub usługi) lub procesu, nowej metody organizacyjnej lub nowej metody marketingowej w praktyce gospodarczej lub organizacji miejsca pracy. Warto przypomnieć, że zbory uczestników rynku, czyli producentów, konsumentów i banków, nie są rozłączne, ponieważ każdy właściciel lub zarządzający firmą czy bankiem jest jednocześnie konsumentem. Dlatego najczęściej proinnowacyjna postawa właścicieli firm jest odzwierciedlona zarówno w ich wyborach konsumenckich, jak i w strategiach dotyczących przedsiębiorstwa. Nie można jednak wykluczyć sytuacji, gdy producent konserwatywny wobec nowych produktów konsumpcyjnych decyduje o realizacji innowacyjnego planu produkcji ze względu na oczekiwania grupy konsumentów i szansę uzyskania większego zysku. Stąd powstała potrzeba analizy wpływu konsumentów udziałowców charakteryzowanych przez proinnowacyjną relację preferencji podażowych na zmiany innowacyjne w całym systemie ekonomicznym, co zostanie omówione w rozdziale 6.

⁴ $Y_b^I \neq \emptyset$ oznacza, że wśród technologicznie możliwych planów produkcji producenta b są plany innowacyjne.

4. Rozwój innowacyjny oraz proces dyfuzji innowacji

4.1. Rozwój innowacyjny w ujęciu dynamicznym

Formalny model ekonomii Debreu oraz jego modyfikacje i rozszerzenia wprowadzone w rozdziale 2 nie są wystarczającymi narzędziami opisu zjawisk ekonomicznych ze względu na ich statyczny charakter. Stąd powstała potrzeba modyfikacji tych modeli przez wprowadzenie pojęcia układu dynamicznego, który podkreśla znaczenie specyficznych zmian w formalnym modelowaniu ewolucji ekonomicznej. Zastosowanie ma tutaj jakościowa teoria układów dynamicznych (Sibirskij i Szube 1987), gdzie quasi-półdynamiczne układy są rozumiane jako podgrupy wielowartościowych przekształceń w przestrzeni metrycznej. „Dynamika ekonomiczna jest rozważaniem ekonomii zmieniającej się w czasie. W ustalonym momencie ludzie są kupującymi lub sprzedającymi; gdy czas zaczyna płynąć, stają się oni konsumentami i producentami, konsumując kupione produkty oraz produkując nowe, które zastąpią produkty sprzedane” (Kitchel 2016, s. 447, tłum. B.C.).

Formalne modele ekonomiczne z rozdziału 2 dają możliwość konstrukcji przestrzeni wszystkich systemów danego typu, a następnie zdefiniowania ich quasi-półdynamicznych układów, co stanowi podstawę dynamicznego ujęcia zjawiska rozwoju innowacyjnego. Pojedyncze elementy takiej przestrzeni, będące modelami statycznymi, interpretowane są jako stany definiowanej dynamiki, opisujące ewolucję modelu wyjściowego. W ten naturalny, matematyczny sposób zaproponowana aksjomatyzacja staje się odpowiedniejszym narzędziem do badania rzeczywistych procesów ekonomicznych.

Rozważmy przestrzenie zdefiniowanych wcześniej systemów ekonomicznych:

- przestrzeń wszystkich systemów produkcji $\mathbf{P} = \{P: P = (B, \mathbb{R}^\ell, Ch_P)\}$, gdzie $Ch_P = (y, p, \eta, \pi)$ jest charakterystyką systemu produkcji P , $\ell \in \mathbb{N}$,
- przestrzeń wszystkich systemów konsumpcji $\mathbf{K} = \{K: K = (A, \mathbb{R}^\ell, Pref, Ch_K)\}$, gdzie $Ch_K = (x, e, \varepsilon, p, \beta, \varphi)$ jest charakterystyką systemu konsumpcji K , $\ell \in \mathbb{N}$,

- przestrzeń wszystkich systemów finansowych $F = \{F: F = (M, \mathbb{R}^{\ell+2}, Ch_F)\}$, gdzie $Ch_F = (f, p_m, \gamma, \zeta)$ jest charakterystyką systemu finansowego F , $\ell \in \mathbb{N}$,
- przestrzeń wszystkich ekonomii Debreu $E = \{E: E = (P, K, \theta, \varpi)\}$,
- przestrzeń wszystkich ekonomii Debreu z pieniądzem $E_m = \{E_m: E_m = (\mathbb{R}^{\ell+2}, P_m, K_m, F, \theta, \varpi_m, \mu)\}$.

Podobnie definiujemy przestrzenie systemów produkcji z pieniądzem P_m , przestrzeni systemów konsumpcji z pieniądzem K_m oraz przestrzeni wszystkich ekonomii Debreu z podażowymi relacjami preferencji E^A , a także przestrzeni wszystkich ekonomii z pieniądzem i podażowymi relacjami preferencji E_m^A . Wykorzystując metryczną strukturę tych przestrzeni (np. Ciałowicz i Malawski 2011), możemy zdefiniować pojęcie quasi-półdynamicznego układu ekonomicznego, co stanowi podstawę koncepcji rozwoju gospodarczego opartego na innowacjach oraz daje możliwość zdefiniowania procesu dyfuzji innowacji.

Idea ta, zaproponowana we wcześniejszych opracowaniach (Malawski 1999, 2005, Malawski i Woerter 2006) zostanie rozszerzona na zmodyfikowane (statyczne) modele formalne przedstawione w rozdziale 2. Ich analiza dynamiczna jest możliwa dzięki matematycznej idei quasi-półdynamicznych systemów.

Definicja 4.1 (por. Sibirskij i Szube 1987)

Korespondencję $f: X \times \mathbb{R}_+ \rightarrow P_0(X)$, gdzie $X \neq \emptyset$ nazywamy quasi-półdynamicznym układem, jeśli dla każdego $x \in X$:

- 1) $f(x, 0) = \{x\}$,
- 2) $f(f(x, t_1), t_2) = f(x, t_1 + t_2) \quad \forall t_1, t_2 \in \mathbb{R}_+$,
- 3) $f(A, K) = \bigcup_{x \in X, t \in K} f(x, t) \quad \forall A \subset X, t \in \mathbb{R}_+$.

Uwaga

Quasi-półdynamiczny system f nazywamy:

a) jednoznaczny, jeśli wartością f dla dowolnego elementu jest zawsze zbiór jednoelementowy, tzn $f: X \times \mathbb{R}_+ \rightarrow X$,

b) systemem półdynamicznym, jeżeli f jest korespondencją ciągłą względem t .

W szczególności jeżeli X jest jedną z przestrzeni $P, K, F, E, E_m, P_m, K_m, E^A$ lub E_m^A , to korespondencja f definiuje odpowiednio quasi-półdynamiczny układ produkcji f_p , konsumpcji f_K , finansowy f_F , układ ekonomiczny Debreu f_E itd.

Ponadto quasi-półdynamiczny układ może być zapisany jako zestawienie odpowiednich układów składowych (Sibirskij i Szube 1987) zdefiniowanych na elementach danego modelu ekonomicznego.

Przykładowo: $f_F = (f_M, f_{\mathbb{R}^{\ell+2}}, f_f, f_{p_m}, f_\gamma, f_\zeta)$, $f_E = (f_P, f_K, f_\theta, f_\varpi)$, gdzie $f_P = (f_B, f_{\mathbb{R}^\ell}, f_y, f_p, f_\eta, f_\pi)$, $f_K = (f_A, f_{\mathbb{R}^\ell}, f_x, f_e, f_\varepsilon, f_p, f_\beta, f_\varphi)$.

W rezultacie możemy interpretować quasi-półdynamiczny układ ekonomiczny Debreu f_E jako projekcję korespondencji $f_{E_m}: E_m \times \mathbb{R}_+ \rightarrow P_0(E_m)$ na przestrzeń \mathbb{R}^ℓ , tzn. $f_E = \text{proj}_{\mathbb{R}^\ell}(f_{E_m})$. Analogicznie: $f_P = \text{proj}_{\mathbb{R}^\ell}(f_{P_m})$ oraz $f_K = \text{proj}_{\mathbb{R}^\ell}(f_{K_m})$.

Pojęcie quasi-półdynamicznego układu pozwala na wprowadzenie ujęcia dynamicznego do analizy rozszerzeń modeli formalnych wprowadzonych w rozdziale 3.

Definicja 4.2 (Ciałowicz i Malawski 2011)

Jednoznaczny quasi-półdynamiczny układ produkcji $f_P: \mathbf{P} \times \mathbb{R}_+ \rightarrow P_0(\mathbf{P})$ nazywamy:

- 1) kumulatywnym, jeżeli $f_P(P, t_1) \subset_c f_P(P, t_2)$,
 - 2) innowacyjnym, jeżeli $f_P(P, t_1) \subset_i f_P(P, t_2)$,
 - 3) innowacyjnym, zachowującym rozszerzenie kumulatywne, jeżeli $f_P(P, t_1) \subset_{ic} f_P(P, t_2)$,
 - 4) imitującym, jeżeli $f_P(P, t_1) \subset_{im} f_P(P, t_2)$,
- dla dowolnych $t_1, t_2 \in \mathbb{R}_+, t_1 < t_2$.

Definicja 4.3

Jednoznaczny quasi-półdynamiczny układ konsumpcji $f_K: \mathbf{K} \times \mathbb{R}_+ \rightarrow P_0(\mathbf{K})$ nazywamy:

- 1) kumulatywnym, jeżeli $f_K(K, t_1) \subset_c f_K(K, t_2)$,
 - 2) innowacyjnym, jeżeli $f_K(K, t_1) \subset_{K_i} f_K(K, t_2)$,
- dla dowolnych $t_1, t_2 \in \mathbb{R}_+, t_1 < t_2$.

Definicja 4.4

Jednoznaczny quasi-półdynamiczny układ finansowy $f_F: \mathbf{F} \times \mathbb{R}_+ \rightarrow P_0(\mathbf{F})$ nazywamy kumulatywnym, jeżeli $f_F(F, t_1) \subset_c f_F(F, t_2)$ dla dowolnych $t_1, t_2 \in \mathbb{R}_+, t_1 < t_2$.

Definicja 4.5 (Ciałowicz i Malawski 2011)

1. Jednoznaczny quasi-półdynamiczny układ ekonomiczny Debrea $f_E: \mathbf{E} \times \mathbb{R}_+ \rightarrow P_0(\mathbf{E})$ nazywamy innowacyjnym (innowacyjnym rozwojem gospodarczym), jeżeli $f_E(E, t_1) \subset_i f_E(E, t_2)$ dla dowolnych $t_1, t_2 \in \mathbb{R}_+, t_1 < t_2$.

2. Jednoznaczny quasi-półdynamiczny układ ekonomiczny Debrea z pieniądzem $f_{E_m}: \mathbf{E}_m \times \mathbb{R}_+ \rightarrow P_0(\mathbf{E}_m)$ nazywamy innowacyjnym, jeżeli $f_{E_m}(E_m, t_1) \subset_i f_{E_m}(E_m, t_2)$ dla dowolnych $t_1, t_2 \in \mathbb{R}_+, t_1 < t_2$.

Zgodnie z przytoczonymi definicjami quasi-półdynamiczne układy posiadają specyficzne własności, jeśli w określonym czasie w ich składowych zachodzą zmiany wskazane w odpowiedniej definicji statycznej. W szczególności jednoznaczny quasi-półdynamiczny układ ekonomiczny Debrea z pieniądzem jest innowacyjny, jeżeli zachodzi rozwój innowacyjny w sferze realnej oraz

$$\left| \sum_{r \in M^{t_1}} (s_r^{t_1}) \right| < \left| \sum_{r \in M^{t_2}} (s_r^{t_2}) \right|, \text{ gdzie } s_r^t = f_s(s_r, t), M^t = f_M(M, t) \text{ oznaczają wartości}$$

odpowiednich quasi-półdynamicznych układów w momencie czasowym t . Wpro-

wadzone definicje umożliwiają formalne zdefiniowanie procesu dyfuzji innowacji oraz sformułowanie odpowiednich twierdzeń w ujęciu dynamicznym.

4.2. Proces dyfuzji innowacji

Teoria dyfuzji innowacji jest jedną z najstarszych idei opisywanych w naukach społecznych. Jedną z pierwszych analiz tego zjawiska można znaleźć w książce francuskiego socjologa G. Tarde'a (1890). Następnie idea ta została rozwinięta w latach 60. XX w. przez E.M. Rogersa (1962), który nadał jej postać nowoczesnej teorii innowacji opisanej w postaci modelu formalnego opartego na badaniach empirycznych (zob. podrozdział 2.4). Koncepcja dyfuzji innowacji zaprezentowana przez E.M. Rogersa jest nadal aktualna, stała się teorią multidyscyplinarną, wykorzystującą zwłaszcza socjologię, nauki o zarządzaniu i mikroekonomię.

Źródłem tej teorii można dopatrywać się w próbach wyjaśnienia tego, jak w określonym przedziale czasowym pewna idea lub produkt rozprzestrzeniają się w danej populacji lub systemie społecznym. Końcowym rezultatem dyfuzji jest zaadaptowanie przez grupę ludzi (część pewnego systemu społecznego) nowej idei, zachowania lub produktu. Dyfuzja jest „procesem, dzięki któremu innowacja przez odpowiednie kanały komunikacyjne dociera w określonym czasie do poszczególnych członków systemu społecznego”, natomiast innowacja jest „ideą, praktyką lub obiektem postrzeganym przez jednostkę jako nowość (...). Komunikacja jest procesem, w którym uczestnicy kreują informacje i dzielą się nimi w celu osiągnięcia wzajemnego zrozumienia” (Rogers 1962, s. 5, tłum. B.C.).

Zgodnie z teorią E.M. Rogersa (1962) dyfuzja jest procesem przebiegającym w pięciu etapach:

- 1) wiedza (*knowledge*) – w pierwszym etapie jednostka nie posiada wiedzy na temat innowacji, z którą ma do czynienia i nie czuje potrzeby jej zdobycia;
- 2) perswazja (*persuasion*) – w drugim etapie jednostka zaczyna interesować się innowacją i szuka informacji na jej temat;
- 3) decyzja (*decision*) – w kolejnym etapie jednostka decyduje o akceptacji lub odrzuceniu innowacji przez analizę jej wad i zalet;
- 4) wdrożenie (*implementation*) – jeżeli jednostka zaakceptuje innowację, to wdraża ją w stopniu zależnym od sytuacji, jednocześnie weryfikując jej przydatność;
- 5) potwierdzenie (*confirmation*) – dana osoba podejmuje decyzję o kontynuowaniu używania innowacji.

Kolejne etapy procesu dyfuzji innowacji przebiegają w określonym czasie dzięki kanałom komunikacyjnym pomiędzy członkami danego systemu społecznego.

W ostatnich dziesięcioleciach powstało wiele modeli dyfuzji opartych na rozmaitych założeniach. Jednym z najbardziej popularnych jest model epidemii F.M. Bassa (1969). W modelu tym prognoza poziomu sprzedaży nowego produktu opiera się na założeniu, że prawdopodobieństwo nabycia produktu w każdym momencie jest liniowo zależne od liczby wcześniejszych nabywców. Model ten doczekał się wielu wersji oraz był wielokrotnie stosowany w badaniach marketingowych (np. Bass 1986, Mahajan, Muller i Bass 1990). Drugi rodzaj modeli dyfuzji opiera się na założeniu racjonalnego zachowania konsumentów (np. David 1969, Leoncini 2001). Trzeci ważny rodzaj modeli procesów dyfuzji to modele ewolucyjne lub modele nierównowagi, w których zmiany technologiczne są endogeniczne (np. Nelson i Winter 1982, Silverberg 1991, Windrum i Birchenhall 2005).

Proces dyfuzji innowacji jest ostatnim etapem procesu innowacyjnego, podczas którego powstają i są wdrażane innowacje. Dla przedsiębiorcy wprowadzającego innowacje oczekiwanym efektem dyfuzji jest sukces rynkowy i technologiczny. Proces innowacyjny polega na projektowaniu i realizacji innowacji, przebiega w określonych etapach i prowadzi do powstania oraz praktycznego zastosowania nowych rozwiązań technicznych. Proces ten odbywa się w złożonym otoczeniu z wykorzystaniem wielu elementów, w tym bardzo ważnego czynnika ludzkiego. W niektórych przypadkach jest to proces jednopodmiotowy, w innych zaś jest to skomplikowane dzieło zbiorowe. Ze względu na różnorodność pojęć i definicji wynikających z interdyscyplinarności procesu innowacyjnego różni uczeni podają różne definicje jego etapów.

J.A. Schumpeter zdefiniował proces innowacyjny jako zjawisko powstawania, dojrzewania i upowszechniania tych idei technicznych, których praktycznemu zastosowaniu towarzyszą określone skutki ekonomiczno-społeczne. Na tak rozumiany proces innowacyjny składają się wszystkie fazy zmian technologicznych, a więc inwencja (pomysł), innowacja (wynałazek) i dyfuzja (upowszechnienie) (Schumpeter 1960, s. 104–117).

Inwencja utożsamiana jest z pomysłowością i kreatywnością. Możemy ją rozumieć jako odkrycie zjawiska, ideę lub pewien pomysł. Inwencja stanowi potencjalną innowację. Inwencja różni się więc od innowacji tym, że staje się innowacją wówczas, gdy zostaje przekształcona i zmaterializowana w konkretnym produkcie lub usłudze zaakceptowanej przez rynek faktem sprzedaży na odpowiednio dużą skalę. W wielu przypadkach inwencja nie staje się innowacją, lecz pozostaje w fazie pomysłu.

Dyfuzja jest pojęciem określającym proces rozpowszechniania się innowacji w populacji – ludzi, organizacji, społeczeństw narodowych. W trakcie trwania procesu dyfuzji innowacja, przyjmowana przez kolejne podmioty gospodarcze, zazwyczaj ulega modyfikacjom. Jednocześnie dyfuzji innowacji zawsze towarzyszy imitacja, czyli duplikowanie, powtórzenie lub powielenie pomysłów, idei,

działań lub przedmiotów dotychczas uznawanych za innowacje lub wynalazki. Imitacja może prowadzić od prostego kopiowania, do mniej lub bardziej istotnych zmian w wynalazku, a nawet powtórnej innowacji, gdy uda się udoskonalić oryginał.

Podejście J.A. Schumpetera jest zgodne z klasyczną koncepcją liniowego modelu procesu innowacji dominującą w latach 1960–1980. Zgodnie z tym modelem proces innowacji rozpoczyna się odkryciem naukowym, przechodzącym następnie szereg etapów rozwoju i kończącym się powstaniem finalnego efektu – innowacji, która wprowadzana jest następnie do gospodarki. Niezbędna jest tutaj praca odkrywczą w postaci działalności badawczo-rozwojowej, która poprzedza innowacje. W modelu tym akcentowano przyczynową rolę, jaką odgrywa rozwój nauki i techniki w powstawaniu wynalazków, odkryć i rozwoju teorii. Taki model procesu innowacyjnego określa się jako „pchany” przez naukę. W tym samym czasie istniał również model określany mianem „ciągniętego” przez rynek. Koncepcja ta pojawiła się w drugiej połowie lat 60. XX w. jako rezultat nasilania się konkurencyjności oraz wniosków z podjętych badań nad potrzebami rynkowymi, w których zwracano uwagę na rolę czynników popytowych w sukcesie rynkowym innowacji (Lancaster 1966, Rogers i Shoemaker 1971). Klasyczna, liniowa teoria innowacji, chociaż jest zgodna z paradygmatem newtonowskim, nie jest w stanie wyjaśnić procesów kreowania innowacji i wiedzy podczas działania jednostek, grup czy przedsiębiorstw.

Proces innowacji rozumiany jako pewien proces społeczny ma zazwyczaj charakter nieliniowy i jest interaktywny. Założenie to znajduje potwierdzenie w teorii i praktyce funkcjonowania tzw. klastrów, czyli grup przedsiębiorstw połączonych wzajemnymi relacjami kooperacyjnymi, konkurencyjnymi i społecznymi. Dlatego w połowie lat 80. XX w. pojawiło się nowe podejście do procesów innowacyjnych oparte na modelach interaktywnych (np. Bass 1986, Hodgson 1993, Manning, Barden i Madden 1995, Nelson 1995). W takim ujęciu podkreśla się złożoność procesu innowacyjnego oraz konieczność częstego powrotu do etapów wcześniejszych, co wiąże się z istnieniem licznych sprzężeń zwrotnych między poszczególnymi częściami procesu innowacyjnego w okresie powstawania i dyfuzji innowacji. Jednym z pierwszych modeli tego typu był model sprzężeń zwrotnych i interakcji S. Kline’a i N. Rosenberga (1986), zwany modelem związanego łańcucha. W koncepcji tej działalność innowacyjna przedstawiona została w kategoriach interakcji pomiędzy zapotrzebowaniem i szansami stwarzanymi przez rynek a bazą naukowo-techniczną i możliwościami przedsiębiorstwa. Najistotniejszym elementem modelu S. Kline’a i N. Rosenberga była zakumulowana wiedza. Innym modelem interaktywnym był model „sprzężeniowy” R. Rothwella i W. Zegvela (1985). W tym ujęciu proces innowacyjny obejmuje wewnętrzne i zewnętrzne powiązania; kładzie się nacisk na projektowanie inżynierskie, sprzężenia zwrotne pomiędzy rynkowymi

i technologicznymi fazami innowacji, powiązania między sferą B+R, produkcją i marketingiem oraz pomiędzy firmami i instytucjami. W interakcyjnym modelu innowacji podkreśla się dostrzeżenie w konkurencyjnej gospodarce nowej szansy rynkowej lub nowego produktu.

Współczesne badania nad istotą innowacji doprowadziły do powstania koncepcji sieciowego procesu innowacyjnego. Tego typu podejście jest efektem rozwoju informatyki, metod zarządzania przedsiębiorstwami oraz nowych form współpracy przedsiębiorstw na przełomie lat 80. i 90. (np. Daft 2006, Webber 1996). Innowacje powstają w sieciach współpracy i relacji także między konkurującymi przedsiębiorstwami. W procesie sieciowym, który charakteryzują coraz bardziej złożone powiązania zewnętrzne, istotne jest znaczenie szybkości i efektywności wprowadzania innowacji. Stały się one jednym z najważniejszych czynników w walce konkurencyjnej na coraz bardziej złożonych rynkach.

Opierając się na współczesnej literaturze przedmiotu (np. Bass 1986, David 1969, Mahajan, Muller i Bass 1990, Nadolny 2011, Metcalfe i Saviotti 1991, Silverberg 1991, Manning, Bearden i Madden 1995), możemy przyjąć nieco szerszą niż w ujęciu J.A. Schumpetera definicję procesu innowacyjnego: proces innowacyjny – określany mianem dynamicznego, interakcyjnego modelu innowacji – to ciąg interakcji od powstania idei innowacji do jej wdrożenia i upowszechnienia, którego celem jest zmiana produktowa, technologiczna, organizacyjna i społeczna. Jest to więc zespół powiązanych ze sobą działań, prowadzących do urzeczywistnienia idei naukowych, tzn. przekształcania ich w środki materialne nadające się do praktycznego wykorzystania. Proces ten charakteryzuje się nowym sposobem zastosowania nauki i technologii zapewniającym sukces rynkowy.

Omawiając podstawowe informacje związane z procesami innowacyjnymi, należy zwrócić uwagę na występowanie następujących prawidłowości:

- innowacyjność jest procesem ciągłym; postęp dokonuje się bez przerwy, choć zmiany innowacyjne mają charakter skokowy;
- proces innowacyjny jest indywidualnie zróżnicowany i zależy od wielu czynników, wśród których istotne znaczenie mają poziom rozwoju gospodarki oraz umiejscowienie wprowadzanej innowacji w danym dziale;
- w miarę rozwoju cywilizacji obserwuje się skracanie procesów innowacyjnych poszczególnych produktów czy technologii, a także powstawanie tzw. kolejnych generacji produktów;
- współczesne innowacje częściej niż w przeszłości są efektem pracy zespołowej;
- najczęściej niemożliwe jest wskazanie indywidualnego autora określonego wynalazku;
- proces innowacyjny nie ma wyraźnego początku i końca, jest raczej procesem nieliniowym o wyraźnym sprzężeniu zwrotnym w punkcie startu nowego

cyklu; można o nim powiedzieć, że początek jest wszędzie lub że nie ma wyraźnego początku ani końca, a przyczyny i skutki są przemieszane.

Takie ujęcie teorii procesu innowacyjnego ma źródła w wielu dyscyplinach naukowych, w których proces ten był analizowany, oraz w różnorodności nowych idei, doświadczeń, programów oraz technologii będących obiektem badań (np. Dearing i Meyer 2006, Green, Gottlieb i Parcel 1991, McAnany 1984, Wejnert 2002). Proces dyfuzji innowacji jako część procesu innowacyjnego dotyczy akceptacji innowacji rozprzestrzenianych w danym systemie społecznym przez kanały komunikacyjne w określonym przedziale czasowym. Zazwyczaj nowy produkt czy idea początkowo są przyjmowane (adaptowane) przez małą grupę osób, by w kolejnym okresie rozpowszechnić się wśród pozostałych uczestników rynku.

Biorąc pod uwagę powyższe rozważania, w procesie dyfuzji innowacji możemy wyróżnić następujące etapy:

– etap I – badania podstawowe, które służą rozwojowi określonych dyscyplin naukowych przez dokonywanie odkryć i tworzenie teorii; są źródłem idei, które mogą być praktycznie przydatne;

– etap II – przekształcanie idei naukowych w inwencje, czyli pomysły praktycznego wykorzystania idei naukowej w rozwiązaniach praktyczno-użytecznych; jest to etap tzw. badań stosowanych, obejmujących: studia nad rozwojem technicznym, badania laboratoryjne oraz opracowanie założeń konstrukcyjnych nowego rozwiązania;

– etap III – prace rozwojowe mające na celu przekształcenie inwencji w innowację, czyli doprowadzenie do budowy prototypu, co oznacza pierwszy działający egzemplarz nowego urządzenia;

– etap IV – prace wdrożeniowe, które mają umożliwić zastosowanie rozwiązania na skalę przemysłową przez opracowanie odpowiedniej technologii wytwarzania oraz niezbędnej dokumentacji produkcyjnej i sprawdzenie jej poprawności przez wykonanie serii próbnej nowego wyrobu.

Całość etapów od II do IV określa się mianem przygotowania techniczno-organizacyjnego produkcji, które obejmuje etap perspektywicznego przygotowania produkcji, tj. ustalania założeń rozwojowych na podstawie badania stanu i tendencji rozwoju techniki, oraz przygotowanie konstrukcyjne, technologiczne i organizacyjne procesu wytwarzania.

W prezentowanej pracy zjawisko dyfuzji innowacji jest rozumiane jako wielowymiarowy i wieloetapowy proces, w którym nowe produkty i usługi rozpowszechniane są wśród wszystkich uczestników rynku. Proces ten inicjują producenci innowatorzy przez wprowadzenie nowego towaru lub nowej technologii, co oznacza wytrącenie systemu ekonomicznego ze stanu równowagi. W następnym etapie zjawisko to ulega przyspieszeniu przez działalność imitacyjną producentów naśladowujących innowatorów. Prowadzi to do wzrostu wielkości produkcji danego

towaru innowacyjnego, a co za tym idzie – do intensyfikacji konkurencyjności między firmami, które go produkują. Ponadto innowacja przyniesie zysk, jeśli zostanie zaakceptowana przez sferę popytową. Oznacza to, że proces dyfuzji odbywa się nie tylko w sferze produkcji, ale również w sferze konsumpcji. Na koniec tego procesu system ekonomiczny wraca do ruchu okrężnego, by w rezultacie osiągnąć nowy stan równowagi.

Tak rozumiany proces dyfuzji innowacji w modelu formalnym ekonomii Debreu z pieniądzem obejmuje następujące trzy etapy:

- 1) punktem wyjścia jest ekonomia w stanie równowagi (definicja 2.2), gdzie poziom innowacji jest zerowy;
- 2) ewolucja innowacyjna systemu następuje na skutek zaburzenia równowagi przez producenta wprowadzającego na rynek towar innowacyjny;
- 3) proces jest kontynuowany przez producentów imitatorów. Jednocześnie następują zmiany innowacyjne w sferze popytowej związane ze zmianami w preferencjach konsumentów. Wśród uczestników rynku pojawiają się konsumenci o proinnowacyjnych relacjach preferencji, którzy realizują innowacyjne plany konsumpcji aż do momentu powrotu do stanu równowagi (innego niż początkowy), gdy następuje absorpcja innowacji.

Niech dany będzie quasi-półdynamiczny układ ekonomiczny Debreu z pieniądzem $f_{E_m}: E_m \times \mathbb{R}_+ \rightarrow P(E_m)$.

Definicja 4.6 (Ciałowicz 2014a)

Zbiór $\tau_+(E_m) := \{f_{E_m}(E_m, t) : t \in \mathbb{R}_+ \text{ i } f_{E_m}(E_m, 0) = E_m\}$ nazywamy półtrajektorią dodatnią quasi-półdynamicznego układu ekonomicznego Debreu z pieniądzem E_m .

Niech $E_m^t = f_{E_m}(E_m, t)$ oznacza wartość quasi-półdynamicznego układu ekonomicznego w momencie czasowym t (punkcie kontrolnym).

Definicja 4.7 (Ciałowicz 2014b)

Pozytywną półtrajektorię $\tau_+(E_m)$ nazywamy procesem dyfuzji innowacji dla ekonomii Debreu z pieniądzem E_m , jeżeli:

- 1) $E_m = E_m^0$,
- 2) istnieją dwa momenty $t_1, t_2 \in \mathbb{R}_+$, takie że $0 < t_1 < t_2$ oraz $E_m^0 \subset_i E_m^{t_1} \subset_{K_i}^{P_{im}} E_m^{t_2}$, gdzie $E_m^0 \subset_i E_m^{t_1}$ oznacza rozszerzenie innowacyjne ekonomii E_m , $E_m^{t_1} \subset_{K_i}^{P_{im}} E_m^{t_2} \Leftrightarrow (E_m^{t_1} \subset_{P_{im}} E_m^{t_2} \text{ oraz } E_m^{t_1} \subset_{K_i} E_m^{t_2})$,
- 3) ekonomia $E_m^{t_2}$ znajduje się w stanie ogólnej równowagi (konkurencyjnej; definicja 2.2).

Zgodnie z podaną definicją proces dyfuzji danej innowacji jest trajektorią, sekwencją zmian danego systemu ekonomicznego, w której w określonych momentach (punktach kontrolnych) obserwowane są w określonej kolejności zmiany innowacyjne, a następnie zmiany imitujące. Warto zauważyć, że nie jest

to zjawisko jednoznaczne, ponieważ dla danego stanu początkowego, czyli statycznego modelu ekonomii Debreu z pieniądzem, istnieje wiele różnych możliwych scenariuszy zachodzących zmian. Jednocześnie różne trajektorie oznaczają aktywny udział różnych uczestników rynku, różne technologie i różne stany przejściowe.

Należy jednak pamiętać, że proces dyfuzji innowacji w rzeczywistej gospodarce jest nieprzewidywalny, a teoretyczny model przedstawiony tutaj jest odmienny od dynamicznej teorii opisanej np. przez D.P. Leydena, A.N. Linka i D.S. Siegela (2014), w której decyzje przedsiębiorcy inicjującego ten proces oparte są na maksymalizacji subiektywnego prawdopodobieństwa sukcesu.

Uwaga

Zauważmy, że dyfuzja innowacji zajdzie, gdy w ekonomii istnieją konsumenci z proinnowacyjną relacją preferencji (definicja 3.5), dla których innowacyjne plany konsumpcji są możliwe do realizacji ze względu na wszystkie ograniczenia. Ponadto zachowanie specyficznych konsumentów może zintensyfikować innowacyjne zmiany w całym systemie (zostanie to opisane w rozdziale 6).

5. Innowacje jako determinanty zmian w sferze popytowej

5.1. Wpływ zmian innowacyjnych na zachowanie kumulatywne konsumentów

Projekty innowacyjne realizowane przez przedsiębiorstwa działające w sferze produkcji mają nierozzerwalny związek z działalnością sfery popytowej. Z jednej strony zmieniające się potrzeby i oczekiwania konsumentów są podstawą tworzenia innowacji w firmach, zaś z drugiej strony producenci, wprowadzając na rynek innowacyjne produkty, kształtują zachowania konsumentów. Jednocześnie rozwój innowacyjny całego systemu ekonomicznego ma wpływ na sytuację konsumentów. Wpływ ten może być negatywny ze względu na skutki zjawiska twórczej destrukcji towarzyszącej często zmianom innowacyjnym, a także na innowacje mniej pożądane przez klientów cechujących się szczególnie wysokim konserwatyzmem.

Stąd powstała potrzeba sformułowania warunków koniecznych gwarantujących zmiany kumulatywne w systemie konsumpcji, czyli nie pogarszanie się sytuacji konsumentów przy zmianach innowacyjnych w całym systemie ekonomicznym.

Niech dane będą dwie ekonomie Debreu z pieniądzem: $E_m = (P_m, K_m, F, \theta, \varpi_m, \mu)$, $E'_m = (P'_m, K'_m, F', \theta', \varpi'_m, \mu')$

Twierdzenie 5.1 (por. Ciałowicz i Małowski 2011)

Jeżeli:

1) $E_m \subset_i E'_m$,

2) $P_m \subset_{ic} P'_m$,

3) $F \subset_c F'$,

4) $\forall a \in A$,

4.1) $X_a \subset \text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell+2}}(X'_a)$ oraz dla każdego planu konsumpcji $x_a = (x_1, x_2, \dots, x_\ell, s_a, c_a) \in X_a$ zachodzi $(x_1, x_2, \dots, x_\ell, 0, \dots, 0, s_a, c_a) \in X'_a$,

4.2) $e_a \leq \text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell+2}}(e'_a)$,

4.3) $\varepsilon_a \subset \text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell+2}}(\varepsilon'_a)$, tzn. $(\preceq'_a | (X_a \times X_a)) = \preceq_a$,

4.4) $|s_a| = |s'_a|$, $c_a \leq c'_a$,

5) $\forall a \in A \ \forall b \in B \ \forall r \in M \ \theta_{ab} = \theta'_{ab}$ oraz $\mu_{ar} = \mu'_{ar}$,

6) $p_m \subset \text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell+2}}(p'_m)$ oraz dla każdego $k \in \{\ell+1, \dots, \ell'\}$ zachodzi $p'_{mk} \geq 0$, to $K_m \subset_c K'_m$.

Dowód

Część 1. Niech $\ell < \ell'$. Wystarczy wykazać, że dla każdego konsumenta $a \in A$ spełnione są warunki:

1) $\beta_a \subset \text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell+2}}(\beta'_a)$, gdzie $\beta_a = \{x_a \in X_a : p_m x_a \leq w_a\}$,

$$w_a = \text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell}}(p_m) \text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell}}(e_a) + \sum_{b \in B} \theta_{ab} \pi_b(p_m) + \sum_{r \in M} \mu_{ar} \zeta_r(p_m) + s_a + c_a,$$

$$\beta'_a = \{x'_a \in X'_a : p'_m x'_a \leq w'_a\}, \quad w'_a = \text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell}}(p'_m) \text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell}}(e'_a) + \sum_{b \in B'} \theta'_{ab} \pi'_b(p'_m) + \sum_{r \in M'} \mu'_{ar} \zeta'_r(p'_m) + s'_a + c'_a \text{ oraz } \text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell+2}}(\beta'_a) = \{x'_a \in \beta'_a\},$$

2) $\varphi_a \subset \text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell+2}}(\varphi'_a)$, tzn. dla każdego dwóch optymalnych planów konsumpcji $x_a^* \in \varphi_a$ oraz $x_a^{*'} \in \varphi'_a$ zachodzi $x_a^* \preceq_a \text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell+2}}(x_a^{*'})$, gdzie $\varphi_a = \{x^* \in \beta_a : \forall x \in \beta_a \ x \preceq_a x^*\}$, $\varphi'_a = \{x^{*'} \in \beta'_a : \forall x^{*'} \in \beta'_a \ x^{*'} \preceq_a x^{*'}\}$.

Ad 1) Niech $x_a = (x_1, x_2, \dots, x_\ell, s_a, c_a) \in \beta_a$, tzn. $x_a \in X_a$ oraz $p_m x_a \leq w_a$. Zgodnie z założeniem 4.1 istnieje plan konsumpcji $x'_a \in X'_a$, taki że $x_a = \text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell+2}}(x'_a)$, a w szczególności $x'_a = (x_1, x_2, \dots, x_\ell, 0, \dots, 0, s_a, c_a) \in X'_a$. Ponadto z założenia 6 wynika, że $p_m x_a = p'_m x'_a$, czyli $p'_m x'_a \leq w_a$.

Jednocześnie z założenia 6 oraz założenia 4.2 wynika, że $\text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell}}(p_m) \text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell}}(e_a) \leq \text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell}}(p'_m) \text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell}}(e'_a)$, a z założenia 5 oraz założenia 2 otrzymujemy

$\sum_{b \in B} \theta_{ab} \pi_b(p_m) < \sum_{b \in B'} \theta'_{ab} \pi'_b(p'_m)$, ponieważ dla producentów $b \in B - B'_i$ zachodzi $\pi_b \leq \pi'_b$, natomiast dla producentów $b' \in B'_i$ $\pi_b < \pi'_b$ dla każdego $b \in B'$. Z kolei z założenia 3 i założenia 5 mamy $\sum_{r \in M} \mu_{ar} \zeta_r(p_m) \leq \sum_{r \in M'} \mu'_{ar} \zeta'_r(p'_m)$. Biorąc pod uwagę otrzymane nierówności i założenie 4.4, uzyskujemy:

$$\begin{aligned} w_a &= \text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell}}(p_m) \text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell}}(e_a) + \sum_{b \in B} \theta_{ab} \pi_b(p_m) + \sum_{r \in M} \mu_{ar} \zeta_r(p_m) + s_a + c_a < w'_a = \\ &= \text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell}}(p'_m) \text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell}}(e'_a) + \sum_{b \in B'} \theta'_{ab} \pi'_b(p'_m) + \sum_{r \in M'} \mu'_{ar} \zeta'_r(p'_m) + s'_a + c'_a. \end{aligned}$$

Stąd $p_m x_a = p'_m x'_a \leq w_a < w'_a$, więc $x'_a \in \beta'_a$ oraz $x_a = \text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell+2}}(x'_a) \in \text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell+2}}(\beta'_a)$.

Ad 2) (dowód nie wprost) Zakładamy, że dla pewnego konsumenta $a \in A$ $\varphi_a \not\subset \text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell+2}}(\varphi'_a)$, czyli istnieją dla niego dwa plany konsumpcji $x_a \in \varphi_a$ oraz $x'_a \in \varphi'_a$, takie że $x_a \prec_a \text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell+2}}(x'_a)$, co jest sprzecznością z definicją korespondencji popytu φ_a .

Część 2. Dla $\ell = \ell'$ projekcje występujące w części 1 dowodu zastępujemy odpowiednimi odwzorowaniami identyficycyjnymi, co w rezultacie oznacza, że

zachodzi ono również w przypadku, gdy nie pojawiają się nowe towary, a zmiany innowacyjne dotyczą tylko nowych technologii.

Twierdzenie mówi, że jeżeli:

1) zachodzą zmiany innowacyjne w systemie ekonomicznym (definicja 2.14),
2) dla producentów niebędących innowatorami zachowane zostają warunki kumulatywności (definicja 2.16),

3) w systemie finansowym zachodzą tylko zmiany kumulatywne (definicja 2.7),

4) dla każdego konsumenta:

4.1) istnieje możliwość realizacji planów wcześniej osiągalnych oraz może on ignorować nowe towary,

4.2) nie zmniejszają się zasoby początkowe,

4.3) nie zmieniają się preferencje w stosunku do towarów wcześniej występujących na rynku,

4.4) nie zmieniają się oszczędności, a kredyty nie rosną,

5) udziały konsumentów w zyskach producentów i banków nie zmieniają się,

6) ceny towarów wcześniej istniejących na rynku nie zmieniają się, a żaden z nowych towarów nie jest szkodliwy,

to w sferze popytowej zachodzą tylko zmiany kumulatywne (definicja 2.9).

Przy określonych warunkach zmiany innowacyjne w ekonomii Debreu z pieniądzem nie powodują pogorszenia sytuacji konsumentów. Jest to zgodne z teorią mechanizmu kompensacji przez wzrost zysków.

Niestety obserwacja cykli koniunkturalnych wskazuje na występujące w nich kryzysy finansowe i koniunkturalne, będące „procesem, za którego pośrednictwem życie gospodarcze dostosowuje się do nowych warunków” (Schumpeter 1960, s. 347), dlatego w rzeczywistych systemach gospodarczych zmiany innowacyjne mogą wpływać zarówno pozytywnie, jak i negatywnie na sytuację konsumentów.

Wykorzystując ideę quasi-półdynamicznego układu ekonomicznego z pieniądzem (zob. podrozdział 4.1), można sformułować dynamiczną wersję twierdzenia 5.1.

Twierdzenie 5.2

Niech dany będzie jednoznaczny, quasi-półdynamiczny układ ekonomiczny z pieniądzem $f_{E_m}: E_m \times \mathbb{R}_+ \rightarrow P(E_m)$.

Jeżeli:

1) f_{E_m} jest układem innowacyjnym (definicja 4.5),

2) f_{P_m} jest układem innowacyjnym, zachowującym rozszerzenie kumulatywne (definicja 4.2),

3) f_F jest układem kumulatywnym (definicja 4.4),

4) $\forall a \in A \quad \forall t_1, t_2 \in \mathbb{R}_+, t_1 < t_2$,

4.1) $f_x(X_a, t_1) \subset \text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell+2}} f_x(X_a, t_2)$ oraz dla każdego planu konsumpcji $x_a = (x_1, x_2, \dots, x_\ell, s_a, c_a) \in f_x(X_a, t_1)$ zachodzi $(x_1, x_2, \dots, x_\ell, 0, \dots, 0, s_a, c_a) \in f_x(X_a, t_2)$,

- 4.2) $f_e(e_a, t_1) \leq \text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell+2}} f_e(e_a, t_2)$,
 4.3) $f_\varepsilon(\varepsilon_a, t_1) \subset \text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell+2}} f_\varepsilon(\varepsilon_a, t_2)$, tzn. $(f_\varepsilon(\varepsilon_a, t_2) \mid (f_x(X_a, t_1) \times f_x(X_a, t_1))) = \preceq_a$,
 4.4) $|f_s(s_a, t_1)| = |f_s(s_a, t_2)|$ oraz $f_c(c_a, t_1) \leq f_c(c_a, t_2)$,
 5) $\forall a \in A \ \forall b \in B \ \forall r \in M \ f_\theta(\theta_{ab}, t_1) = f_\theta(\theta_{ab}, t_2)$ oraz $f_\mu(\mu_{ar}, t_1) = f_\mu(\mu_{ar}, t_2)$,
 6) $f_{p_m}(p_m, t_1) \subset \text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell+2}} f_{p_m}(p_m, t_2)$ oraz dla każdego $k \in \{\ell + 1, \dots, \ell'\}$ zachodzi $f_{p_m}^k(p_m, t_2) \geq 0$,
 to f_{K_m} jest układem kumulatywnym.

Dowód

Dowód twierdzenia opiera się na tym, że odpowiednie komponenty innowacyjnego układu ekonomicznego z pieniądzem spełniają założenia twierdzenia 5.1. Przykładowo dla $t_1 < t_2$ założenie 1 (na podstawie definicji 4.5) oznacza, że $f_{E_m}(E_m, t_1) \subset_i f_{E_m}(E_m, t_2)$. Podobnie zgodnie z definicją 4.4 założenie 3 jest równoważne warunkowi $f_F(F, t_1) \subset_c f_F(F, t_2)$. Stąd $f_{K_m}(K_m, t_1) \subset_c f_{K_m}(K_m, t_2)$, czyli f_{K_m} jest układem kumulatywnym.

5.2. Wpływ zmian innowacyjnych na rynek pracy

Bezrobocie jest zjawiskiem społecznym polegającym na tym, że część ludzi zdolnych do pracy i deklarujących chęć jej podjęcia z różnych powodów nie znajduje zatrudnienia. Zjawisko to od zawsze towarzyszy procesom rozwoju gospodarczego. Ma ono wpływ na standard życia ludności, a co za tym idzie – na nastroje społeczne. Choć w literaturze mówi się o pewnych pozytywnych skutkach bezrobocia (konkurencja między pracownikami, motywacja do podnoszenia kwalifikacji itp.), to przede wszystkim zwraca się uwagę na jego negatywne skutki. Wysoka ranga problemu sprawia, że jest on przedmiotem zainteresowania polityki gospodarczej państwa.

Pierwsze próby analizy zjawiska bezrobocia pojawiły się już w ekonomii klasycznej, z tym że używano wtedy terminu „nadmiar ludności” (XVIII w.). W połowie lat 90. XIX w. angielski ekonomista J.A. Hobson (1902) wprowadził pojęcie bezrobocia jako przymusowej bezczynności zawodowej. W literaturze współczesnej wyróżnia się trzy podstawowe cechy osób bezrobotnych: pozostawanie bez pracy (bezrobotni stanowią podzbiór tych, którzy nie pracują), poszukiwanie pracy i gotowość do pracy. Zgodnie z tradycyjnymi ujęciami osoby bezrobotne to osoby będące w określonym przedziale wiekowym, które spełniają równocześnie wszystkie kryteria.

Najważniejszym wskaźnikiem poziomu bezrobocia w danym systemie ekonomicznym jest stopa bezrobocia, której wielkość określana jest na podstawie badań statystycznych.

W praktyce statystycznej stosuje się kilka podstawowych metod obliczania bezrobocia:

- rejestracja bezrobotnych przez urzędy pracy,
- rejestracja osób ubiegających się o zasiłki dla bezrobotnych,
- badanie ankietowe reprezentacyjnej grupy ludności.

Niestety metody te nie są doskonałe i informują tylko w pewnym przybliżeniu o skali bezrobocia. Pomiar poziomu bezrobocia jest ważny przy badaniu czynników determinujących kształtowanie się jego zmian. Rozważa się tutaj dwa podejścia:

1) ujęcie zasobowe bezrobocia – polega na wykorzystaniu w analizie wielkości określających poziom jakiegoś zjawiska ekonomicznego w pewnym momencie. Zasób bezrobocia uzależniamy od innych wielkości zasobowych i obserwujemy ich poziom w kolejnych momentach (czas dyskretny). Takie podejście do problemu bezrobocia jest bliskie ujęciu L. Walrasa, w którym gospodarka przechodzi od jednego stanu równowagi do drugiego i nie ma potrzeby badania procesów dostosowawczych. W prezentowanej pracy wykorzystano właśnie ujęcie zasobowe. Ograniczenia tego podejścia są następujące: w analizie wykorzystuje się wielkości danych badane w konkretnych momentach, a nie bada się tego, co się dzieje pomiędzy dwoma kolejnymi momentami; analiza nie pokazuje stopnia rotacji w zasobie bezrobocia;

2) ujęcie strumieniowe bezrobocia – koncentruje się na przepływie osób między poszczególnymi zasobami występującymi na rynku pracy. Analiza taka jest związana z niewalrasowskim ujęciem w teorii ekonomii. Przykładowo w danym momencie poszczególne osoby należą do jednego z trzech zasobów: zatrudnionych, bezrobotnych bądź biernych zawodowo. W następnym momencie wielkości tych zasobów mogą się zmienić pod wpływem odpowiednich przepływów osób.

Na podstawie wielkości przepływów można skonstruować współczynniki stóp przepływów między poszczególnymi zasobami, które interpretuje się w kategoriach prawdopodobieństwa przepływów, a następnie uzależnić od nich stopę bezrobocia. W takim ujęciu opisuje się również przeciętny okres trwania bezrobocia.

Złożony i wieloaspektowy charakter bezrobocia implikuje dużą różnorodność jego form. Rozważmy trzy tradycyjne typy bezrobocia (np. Keynes 1985, Shimer 2003):

– bezrobocie frykcyjne – związane z dynamiką rynku pracy po stronie zarówno popytowej, jak i podażowej (powstawanie nowych oraz likwidacja niektórych istniejących miejsc pracy; na rynek pracy wchodzi nieustannie nowe roczniki siły roboczej oraz ci, którzy z wyboru pozostawali w zasobie biernych zawodowo) – w rezultacie zawsze istnieje pewna liczba wolnych miejsc pracy oraz pewna liczba osób poszukujących pracy;

– bezrobocie strukturalne – jako rezultat niedopasowania struktury podaży siły roboczej do struktury popytu na siłę roboczą (np. przestarzałe kwalifikacje, zmiana lokalizacji przedsiębiorstwa), przy czym istotną rolę w powstawaniu bezrobocia strukturalnego odgrywa postęp techniczny przejawiający się w innowacjach;

– bezrobocie cykliczne (koniunkturalne) – związane z okresowym osłabieniem ogólnej aktywności gospodarczej; osłabienie koniunktury gospodarczej znajduje wyraz w ogólnym spadku lub spowolnionym wzroście produkcji, pociąga za sobą zmniejszenie popytu na pracę i wzrost bezrobocia.

Wpływ innowacji technologicznych na bezrobocie jest szeroko omawiany od początku XIX w. Panuje dziś powszechna opinia, że nowa technologia, czyli komputery i maszyny, kreują bezrobocie, czyniąc pracę ludzką nieużyteczną. Klasa pracująca obawia się utraty pracy spowodowanej wprowadzaniem nowych technologii. Jednocześnie mimo silnej dynamiki postępu technicznego i wydajności pracy w ostatnim stuleciu nie obserwujemy ogólnej tendencji do wzrostu bezrobocia w tym okresie.

Obserwacje te są zgodne z teorią kompensacji (absorpcji) (np. Vivarelli 2007), w której możemy wyróżnić następujące reakcje sfery konsumpcji na technologiczne zmiany innowacyjne:

1) kompensacja przez nowe maszyny. Bezrobocie spowodowane np. wprowadzeniem nowych maszyn do produkcji jakiegoś towaru zostanie zrekompensowane przez pojawienie się nowych miejsc pracy przy produkcji nowych maszyn. W rzeczywistości taka kompensacja istnieje, ale nie jest pełna, gdyż firmom nie opłacałoby się w takim przypadku wprowadzać innowacji. Ponadto nowe miejsca pracy wymagają nowych kwalifikacji;

2) kompensacja przez spadek cen. Innowacje technologiczne powodują obniżenie kosztu jednostkowego, co powoduje następnie obniżenie ceny produkowanego towaru. Z kolei obniżenie ceny powoduje zwiększenie popytu, a więc rodzi potrzebę zwiększenia produkcji, a co za tym idzie – zwiększenie zatrudnienia. Bezrobocie technologiczne ma więc charakter tymczasowy. Mechanizm ten opiera się na założeniu doskonałej konkurencji, która w rzeczywistości nie istnieje;

3) kompensacja przez inwestycje. Przy niższych kosztach produkcji, ale zanim nastąpi obniżenie cen, pojawiają się nadwyżki zysków, które mogą zostać zainwestowane przez producenta innowatora, więc powstaną nowe procesy produkcyjne i nowe miejsca pracy. Jest to silnie związane z prawem Saya¹. Produkcja towarów, dostarczając dochodów ich wytwórcom, kreuje równocześnie popyt. W warunkach wolnej konkurencji nie może istnieć zjawisko nadprodukcji towarów, a zatem kryzys. Występujących już za jego życia zjawisk kryzysowych J.B. Say nie uważał za prawidłowość gospodarczą. Współczesne teorie ekonomiczne wykazały

¹ Prawo rynku Saya: podaż jest czynnikiem tworzącym popyt.

fałszywość prawa rynku Saya. W rzeczywistości dodatkowe zyski mogą zostać przeznaczone np. na podwyżkę płac dla już zatrudnionych;

4) kompensacja przez wzrost zysków. Dzięki wprowadzonym innowacjom zwiększa się zysk producentów, a więc również wartość majątku konsumentów (biorąc pod uwagę ich udziały w zyskach). Zwiększa się poziom konsumpcji (popyt), co powoduje wzrost produkcji, a więc również wzrost zatrudnienia;

5) kompensacja przez nowe produkty. Zmiany innowacyjne, to nie tylko pojawienie się nowych technologii, ale również nowych produktów, czyli nowych gałęzi gospodarki, w których tworzone są nowe miejsca pracy.

Powyższe rozważania prowadzą do wniosku, że zmiany innowacyjne nie zawsze zwiększają bezrobocie. W wyniku ich wprowadzenia następują zmiany strukturalne popytu na siłę roboczą. Tendencje występujące na rynku pracy w krajach rozwiniętych w długim okresie wskazują, że efekt kompensacji jest silniejszy od efektu wypierania siły roboczej.

W teorii ekonomii od dawna podejmowane są próby zrozumienia istoty bezrobocia, całościowej analizy funkcjonowania rynku pracy i wykorzystania siły roboczej. Literatura ekonomiczna dotycząca kwestii bezrobocia jest ogromna ze względu na różnorodność i złożoność problematyki badawczej związanej z występowaniem tego zjawiska (zob. Kwiatkowski 2002, Richiardi 2005, Vivarelli 2007, Boianovsky i Trautwein 2010). J.A. Schumpeter w swoich pracach (1960, 1964) również podjął próbę analizy bezrobocia, z tym że było to tylko bezrobocie związane z cyklami koniunkturalnymi. Ujęcie to nie uwzględniało bezpośredniego wpływu innowacji na strukturę zatrudnienia.

Dlatego głównym celem tej części pracy jest zapisanie w formalny sposób związków pomiędzy zmianami innowacyjnymi w modelu ekonomii Debreu a zmianami w poziomie bezrobocia, poprzedzone aksjomatyzacją zjawiska bezrobocia strukturalnego w ujęciu zasobowym w rozpatrywanym modelu. Przedstawione zostaną związki pomiędzy różnymi rodzajami zmian innowacyjnych (w szczególności innowacji technologicznych) a zmianami na rynku pracy. Proponowane podejście jest odmienne od tradycyjnego ujęcia problemu bezrobocia w modelach teorii wzrostu (np. Romer 2000), gdzie zjawisko to jest nierozzerwalnie związane z płacami realnymi. Pominięty został również związek między płacą a wydajnością pracy.

Niech dana będzie ekonomia Debreu $E = (P, K, \theta, \varpi)$. W przedstawionym modelu wprowadzimy modyfikację przestrzeni towarów przez odróżnienie towarów i usług konsumpcyjnych od tych, które związane są z wykonywaniem pewnej pracy. Zakładamy, że w przestrzeni towarów występuje skończona liczba różnych prac, a każdy z konsumentów może wykonywać kilka rodzajów pracy. Oznacza to, że część współrzędnych w przestrzeni towarów \mathbb{R}^{ℓ} jest przypisana produktom i usługom konsumpcyjnym, a część współrzędnych związana jest z pracą konsumentów.

Wyróżnijmy w przestrzeni towarów \mathbb{R}^ℓ podprzestrzeń dóbr konsumpcyjnych zgodnie z postacią $\mathbb{R}^\ell = \mathbb{R}^{\ell+z} = \mathbb{R}^\ell \times \mathbb{R}^z$, gdzie:

- \mathbb{R}^ℓ jest (rzeczywistą) przestrzenią towarów konsumpcyjnych,
- \mathbb{R}^z jest (rzeczywistą) przestrzenią prac wykonywanych przez konsumenta.

Jednocześnie w planach działania uczestników rynku możemy wyróżnić współrzędne związane z wykonywaną przez nich pracą. Stąd dla każdego konsumenta a wektor $\hat{x}_a = \text{proj}_{\mathbb{R}^z}(x_a) \in \mathbb{R}^z$ jest wektorem jego wykonywanych prac, przy czym zgodnie z optyką konsumenta (rozdział 2) $\hat{x}_a \leq 0$, natomiast dla każdego producenta b wektor $\hat{y}_b = \text{proj}_{\mathbb{R}^z}(y_b) \in \mathbb{R}^z$ jest wektorem prac niezbędnych w realizacji planu produkcji y_b , przy czym zgodnie z optyką producenta (rozdział 2) $\hat{y}_b \leq 0$. W ten sposób do ekonomii Debreu możemy wprowadzić dodatkowy element charakterystyki konsumenta w postaci korespondencji możliwych dla niego prac: $z \subset A \times P_0(\mathbb{R}^z)$ jest korespondencją, która każdemu konsumentowi $a \in A$ przypisuje zbiór możliwych dla niego prac $z(a) := X_a^z \subset \mathbb{R}^z$, gdzie $X_a^z = \text{proj}_{\mathbb{R}^z}(X_a)$.

W wektorze cen również możemy wyróżnić współrzędne odpowiadające płacom: $\hat{p} = \text{proj}_{\mathbb{R}^z}(p)$. Zakładamy przy tym, że $\hat{p} \gg 0$, czyli każda praca jest towarem rzadkim.

Wyróżnijmy teraz konsumentów, którzy nie są bezrobotni. Dla każdego producenta $b \in B$ oznaczmy przez A_b zbiór konsumentów zatrudnionych przez niego: $A_b = \{a \in A : \theta_{ab} \neq 0\}$. Stąd $\bigcup_{b \in B} A_b \subset A$ jest zbiorem wszystkich konsumentów zatrudnionych u wszystkich producentów. Zbiór bezrobotnych uczestników rynku to: $\hat{A} = A - \bigcup_{b \in B} A_b = \{a \in A : \forall x_a \in X_a \text{ } \text{proj}_{\mathbb{R}^z}(x_a) = 0\}$, natomiast liczba $\frac{\text{card}(A - \bigcup_{b \in B} A_b)}{\text{card}(A)} = \frac{\text{card}(\hat{A})}{\text{card}(A)}$ określa poziom bezrobocia w danym systemie (stopa bezrobocia) przy założeniu, że wszyscy konsumenci są czynni zawodowo.

Jednocześnie zysk producenta realizującego plan produkcji y_b to dochód z produkcji (uwzględniający koszt zakupu surowców, maszyn itp.) pomniejszony o koszty zatrudnienia konsumentów:

$$\begin{aligned} p \cdot y_b &= \text{proj}_{\mathbb{R}^\ell}(p) \text{proj}_{\mathbb{R}^\ell}(y_b) + \text{proj}_{\mathbb{R}^z}(p) \text{proj}_{\mathbb{R}^z}(y_b) = \\ &= \text{proj}_{\mathbb{R}^\ell}(p) \text{proj}_{\mathbb{R}^\ell}(y_b) + \hat{p} \hat{y}_b. \end{aligned}$$

W takim zapisie widać wyraźnie analogię do makroekonomicznego modelu płac wydajnościowych (np. Romer 2000), w którym podstawowa zależność ma postać: $\pi = Y - pL$, gdzie π jest zyskiem, Y – produktem, p oznacza realną płacę, a L – wielkość siły roboczej, przy czym produkt zależy od wydajności robotników oraz zatrudnienia. W przedstawionym modelu założono, że ceny, a więc również płace, nie zależą od producentów, stąd nie mają oni wpływu na wydajność pracy zatrudnionych konsumentów. Jednocześnie wydajność robotników wpływa na możliwości technologiczne producentów i chociaż nie brana jest bezpośrednio pod

uwagę, ma wpływ na wartości korespondencji zbiorów produkcji (ograniczenia technologiczne w działalności producentów).

W przedstawionym modelu przyjmujemy następujące założenia:

- 1) ceny nie zależą od uczestników rynku (również płace),
- 2) zasób całkowity systemu jest w rękach konsumentów,
- 3) zyski producentów są przekazywane konsumentom,
- 4) wszyscy konsumenci są czynni zawodowo,
- 5) każdy z producentów zatrudnia co najmniej jednego konsumenta.

Ponadto na potrzeby naszej analizy zakładamy, że liczba towarów konsumpcyjnych jest taka sama jak liczba możliwych prac: $t = z$. Warunek ten jest możliwy do spełnienia, jeżeli przyjmiemy, że każda praca mierzona jest w takiej samej jednostce fizycznej (np. godzina) i wszystkie prace wykonywane przy produkcji jednego towaru mają taką samą cenę za jednostkę. W rezultacie praca wykonywana przy produkcji jednej jednostki danego dobra jest sumą jednostek prac różnego rodzaju. Zgodnie z wprowadzonymi oznaczeniami wydajność w produkcji danego towaru $h \in \{1, 2, \dots, t\}$ wynosi (liczba jednostek danego towaru produkowana w jednostce czasu):

$$\frac{\sum_{b \in B} y_b^h}{\sum_{a \in A} x_a^h}.$$

Wprowadzając odpowiednie modyfikacje do ekonomii Debreu E , otrzymujemy formalny model ekonomii Debreu z rynkiem pracy: $E_z = (P, K, \theta, \varpi, z)$.

Uwaga

W ekonomii Debreu z rynkiem pracy E_z nie ma bezrobocia (wszyscy konsumenci są zatrudnieni), jeżeli $\hat{A} = \emptyset$, tzn. $\forall a \in A: \exists x_a \in X_a \text{ } \text{proj}_{\mathbb{R}^z}(x_a) \neq 0$.

Dla ekonomii E_z definiuje się rozszerzenia innowacyjne, kumulatywne i imitacyjne w taki sam sposób jak w podstawowym modelu ekonomii Debreu (rozdział 2), ponieważ nowy element charakterystyki konsumenta nie wpływa na zdefiniowane wcześniej zmiany. Interesujący jest natomiast wpływ wprowadzania nowych kombinacji czynników produkcji, czyli innowacji na rynek pracy, który zależy od rodzaju wprowadzanych zmian. Stąd na podstawie definicji rozszerzenia innowacyjnego systemu produkcji wyróżnia się dwa podstawowe rodzaje rozszerzeń innowacyjnych ze względu na zmiany występujące w wymiarze przestrzeni towarów.

Niech dane będą dwa systemy produkcji $P = (B, \mathbb{R}^\ell, y, p, \eta, \pi)$ oraz $P' = (B', \mathbb{R}^{\ell'}, y', p', \eta', \pi')$, takie że $P \subset_i P'$ (definicja 2.11).

Definicja 5.1

System produkcji P' nazywamy:

- 1) silnym rozszerzeniem innowacyjnym systemu P (symbolicznie: $P \subset_{si} P'$), jeżeli $\ell < \ell'$,

2) słabym rozszerzeniem innowacyjnym systemu P (symbolicznie: $P \subset_{si} P'$), jeżeli $\ell = \ell'$.

Zauważmy, że rozszerzenie silne opisuje innowację produktową lub usługową, natomiast rozszerzenie słabe – innowację procesową (technologiczną; podrozdział 1.3). Jednocześnie w zależności od rodzaju wprowadzanych zmian mają one różny wpływ na rynek pracy.

Niech dane będą dwie ekonomie Debreu z rynkiem pracy: $E_z = (P, K, \theta, \varpi, z)$, $E'_z = (P', K', \theta', \varpi', z')$.

Fakt 5.1

Jeżeli $E_z \subset_i E'_z$ oraz $P \subset_{si} P'$, to $z < z'$.

Uzasadnienie. Jeżeli $P \subset_{si} P'$, to $\ell < \ell'$. Stąd $\ell = t + z < \ell' = t' + z'$ oraz $t = z, t' = z'$, zgodnie z jednym z założeń w danym modelu. W rezultacie $z < z'$, co oznacza, że pojawienie się nowego towaru na rynku jest związane z pojawieniem się nowych miejsc pracy niezbędnych do jego produkcji, ponieważ jego wytwarzanie jest nowym rodzajem pracy. Niestety, pojawienie się nowych miejsc pracy nie implikuje, że poziom zatrudnienia nie zmniejszy się, ponieważ zmianom innowacyjnym często towarzyszy zjawisko twórczej destrukcji, czyli eliminowanie z rynku niektórych towarów lub firm (zob. definicja 2.16).

Zauważmy, że zmiany innowacyjne bez względu na ich rodzaj powodują poprawę efektywności ekonomicznej danego systemu produkcji, ale jednocześnie dopuszczają możliwość wyeliminowania z rynku pewnych towarów lub zaprzestania działalności przez pewnych producentów (twórcza destrukcja).

Fakt 5.2

Jeżeli $E_z \subset_i E'_z$ oraz $P \subset_d P'$, to $\exists h \in \{1, 2, \dots, z'\} \forall a' \in A' x_a^h = 0$.

Uzasadnienie. Jeżeli $E_z \subset_i E'_z$, to $\ell \leq \ell'$. Jednocześnie dla $P \subset_d P'$ istnieje towar (lub praca) $h \in \{1, \dots, \ell\}$, taki że w każdym planie produkcyjnym dowolnego producenta $b' \in B'$: $y_{b'} = (y_b^1, y_b^2, \dots, y_b^\ell) \in Y_{b'} \Rightarrow y_b^h = 0$. Stąd zgodnie z jednym z założeń w danym modelu dla każdego konsumenta $a' \in A'$ zachodzi $x_a^h = 0$, co oznacza, że zaniechanie produkcji jakiegoś towaru powoduje niedostępność tych miejsc pracy, które związane były z jego produkcją, czyli poziom zatrudnienia może się zmniejszyć.

Fakt 5.3

Jeżeli $E_z \subset_i E'_z$ oraz $P \subset_{ic} P'$ i $\ell \leq \ell'$, to $z \leq z'$ oraz $\sum_{a \in A} \text{proj}_{\mathbb{R}^z}(x_a) \leq \sum_{a' \in A'} \text{proj}_{\mathbb{R}^z}(x_{a'})$, gdzie $x_a \in X_a, x_{a'} \in X_{a'}$.

Uzasadnienie. Przy rozszerzeniu innowacyjnym ekonomii Debreu zachowującym warunki rozszerzenia kumulatywnego w zbiorze nieinnowatorów (definicja 2.17) dla każdego producenta nieinnowatora $b \in B'_{ni} = B - B'_i$ spełniony jest

warunek: $Y_b \subset \text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell}}(Y'_b)$, czyli dla każdego planu produkcji $y_b \in Y_b$ istnieje plan produkcji $y'_b \in Y'_b$, taki że $y_b = \text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell}}(y'_b)$. Stąd $\text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell}} y_b = \text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell}}(y'_b)$ oraz dla

konsumentów $a \in \tilde{A} = \bigcup_{b \in B'_{ni}} A_b$ oraz dla planów konsumpcji $x_a \in X_a$ otrzymujemy:

$\sum_{a \in \tilde{A}} \text{proj}_{\mathbb{R}^z}(x_a) = \sum_{b \in B'_{ni}} \text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell}}(y_b) = \sum_{b \in B'_{ni}} \text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell}}(y'_b) = \sum_{a \in \tilde{A}} \text{proj}_{\mathbb{R}^z}(x'_a)$, czyli rozszerzenie kumulatywne oznacza zachowanie wszystkich dotychczasowych miejsc pracy

konsumentów pracujących w firmach producentów nieinnowatorów. Jednocześnie, na podstawie faktu 5.1 z warunku $\ell \leq \ell'$ otrzymujemy $z \leq z'$, czyli nowi producenci mogą tworzyć nowe rynki pracy. Stąd dla konsumentów $a \in A' - \tilde{A}$ spełniony jest warunek $\sum_{a \in A' - \tilde{A}} \text{proj}_{\mathbb{R}^z}(x_a) \leq \sum_{a' \in A' - \tilde{A}} \text{proj}_{\mathbb{R}^z}(x_{a'})$.

W rezultacie otrzymujemy: $\sum_{a \in A} \text{proj}_{\mathbb{R}^z}(x_a) \leq \sum_{a' \in A'} \text{proj}_{\mathbb{R}^z}(x_{a'})$.

6. Wpływ konsumentów na zmiany innowacyjne

6.1. Wpływ proinnowacyjnych podażowych relacji preferencji na rozwój innowacyjny

W ekonomii Debreu z pieniądzem $E_m = (P_m, C_m, F, \theta, \varpi_m, \mu)$ działalność producentów jest niezależna od wyborów dokonywanych przez konsumentów, choć mają oni udziały w zyskach (pkt 2.1.6). Zachowanie producentów sprowadza się do wyboru oraz realizacji planu produkcji maksymalizującego zysk przy danym wektorze cen, czyli problemy związane z zarządzaniem firmą sprowadzają się do kalkulacji zysku. Jest to zgodne z teorią racjonalnego zachowania producentów, w której zakłada się, że przedsiębiorcy, podejmując decyzję dotyczącą wyboru optymalnego planu działania, dążą do maksymalizowania subiektywnej funkcji użyteczności oczekiwanej (zob. Savage 1954). Z kolei w ekonomii Debreu z pieniądzem oraz z podażowymi relacjami preferencji $E_m^{\underline{a}} = (P_m, K_m, F, \theta, \varpi_m, \mu, \{\underline{a}\})$ bierze się pod uwagę możliwości ingerencji konsumentów w działalność producentów, czyli wpływu udziałowców na wybór optymalnego planu działania firmy, a co za tym idzie – uwzględnia się wpływ czynników behawioralnych na niepewność w działalności producentów. W modelu tym wybór optymalnego planu produkcji oparty jest na specyficznych preferencjach podażowych dotyczących planów produkcji i wynikających z preferencji udziałowców (konsumentów), co nie zawsze związane jest z maksymalizacją zysku. Oznacza to nowe podejście do fundamentalnego problemu mechanizmu decyzyjnego producenta, czyli rozdzielenie dwóch podstawowych funkcji związanych z działalnością sfery produkcji: wyboru optymalnego planu oraz jego realizacji. Z jednej strony konsumenci będący udziałowcami danej firmy są odpowiedzialni za wybór optymalnych planów produkcji, opierając się na specyficznej podażowej relacji preferencji, ale z drugiej strony producenci realizują wybrane optymalne plany, wykorzystując dostępne technologie. Zauważmy, że dla producentów realizujących plany innowacyjne klient jest ważny nie tylko na etapie końcowym, czyli jako nabywca nowości, ale już na

początku procesu innowacyjnego, czyli na etapie szukania i wybierania strategii firmy opartej na nowych pomysłach i nowych rozwiązaniach.

Wymienione dwa mechanizmy selekcji planów produkcji, jeden oparty na maksymalizacji zysku, a drugi związany z podaźową relacją preferencji, nie są równoważne i prowadzą do różnych rezultatów. Niemniej można pokazać, że przy pewnych założeniach, w szczególności dla preferencji monotonicznych, plan produkcji maksymalny ze względu na podaźową relację preferencji $\underline{\Delta}_a$ jest jednocześnie planem maksymalizującym zysk.

Przedstawione w tej części twierdzenia i definicje pochodzą z wcześniejszego opracowania (Ciałowicz i Malawski 2013), stanowią jednak logiczną całość z rozwiązanymi zagadnieniami. W pierwotnej wersji zostały one wprowadzone w ekonomii Debreu z podaźowymi relacjami preferencji E^{Δ} , ale na potrzeby danego opracowania zostały sformułowane w ekonomii z pieniądzem E_m^{Δ} przy założeniu, że sfera finansowa nie ma wpływu na zachodzące zależności.

Niech dana będzie ekonomia Debreu z pieniądzem i podaźowymi relacjami preferencji E_m^{Δ} , w której pewien konsument $a \in A$ ma niezerowe udziały w zyskach producenta $b \in B$, tzn. $\theta_{ab} > 0$, a jego relacja preferencji indywidualnych $\preceq_a \subset \mathbb{R}^{2(\ell+2)}$ reprezentowana jest przez funkcję użyteczności $u_a: X_a \rightarrow \mathbb{R}$.

Twierdzenie 6.1 (Ciałowicz i Malawski 2013)

Niech dane będą dwa technologicznie możliwe plany produkcji $y_b, y'_b \in Y_b$ producenta $b \in B$ oraz konsument $a \in A$ mający udziały w jego zyskach, tzn. $\theta_{ab} > 0$. Jeżeli relacja preferencji konsumenta a jest monotoniczna¹ w zbiorze $\mathbb{R}^{\ell+2}$, to dla dowolnych planów produkcji $y_b, y'_b \in Y_b$, dla których $y_b < y'_b$ spełniony jest warunek: $y_b \Delta_a y'_b$.

Dowód

Jeżeli $y_b < y'_b$ oraz $\theta_{ab} > 0$, to $\theta_{ab} \cdot y_b < \theta_{ab} \cdot y'_b$ oraz $x_a + \theta_{ab} \cdot y_b < x_a + \theta_{ab} \cdot y'_b$ dla każdego $x_a \in X_a$. Z monotoniczności relacji preferencji \preceq_a oraz definicji funkcji użyteczności (pkt 2.1.3) wynika, że dla dowolnych $x, \tilde{x} \in \mathbb{R}^{\ell}$, jeżeli $x < \tilde{x}$, to $u_a(x) < u_a(\tilde{x})$. Stąd: $u_a(x_a + \theta_{ab} \cdot y_b) < u_a(x_a + \theta_{ab} \cdot y'_b)$, więc $y_b \Delta_a y'_b$.

Zgodnie z twierdzeniem 6.1 konsument, będący udziałowcem firmy i kierujący się przy wyborze optymalnych planów konsumpcji zasadą „im więcej, tym lepiej”, stosuje tę samą regułę, wybierając optymalny plan produkcji. Oznacza to, że bardziej preferowany jest przez niego ten plan produkcji, w którym producent działa efektywniej, czyli produkuje więcej lub zużywa mniej nakładów.

Twierdzenie 6.1 opisuje związek monotonicznej, podaźowej relacji preferencji z nierównością $<$ między planami produkcji ze zbioru $Y_b \subset \mathbb{R}^{\ell+2}$. Nieco inną

¹ Relacja preferencji \preceq_a jest monotoniczna, jeżeli dla dowolnych planów $x, \tilde{x} \in \mathbb{R}^{\ell}$: $x < \tilde{x} \Rightarrow x \prec_a \tilde{x}$.

postać ma związek tej relacji z nierównością słabą \leq w przestrzeni $\mathbb{R}^{\ell+2}$. Do jego wykazania wykorzystuje się pojęcie zbioru ograniczonego z góry ze względu na nierówność \leq oraz pojęcie planu produkcyjnego maksymalizującego relację $\underline{\Delta}_a$.

Definicja 6.1

1. Zbiór produkcji $Y_b \subset \mathbb{R}^{\ell+2}$ jest ograniczony z góry ze względu na relację \leq w przestrzeni $\mathbb{R}^{\ell+2}$, jeśli istnieje taki plan produkcji $y'_b \in \mathbb{R}^{\ell+2}$, że dla każdego $y_b \in Y_b$ zachodzi $y_b \leq y'_b$.

2. Plan produkcji $y'_b \in Y_b$ maksymalizuje relację $\underline{\Delta}_a$ na zbiorze Y_b , jeśli dla każdego $y_b \in Y_b$ zachodzi $y_b \underline{\Delta}_a y'_b$.

Twierdzenie 6.2 (Ciałowicz i Malawski 2013)

Jeśli zbiór Y_b jest ograniczony z góry ze względu na relację \leq przez plan $y'_b \in Y_b$, to dla każdego konsumenta a , takiego że $\theta_{ab} > 0$, z monotoniczną funkcją użyteczności: y'_b maksymalizuje relację $\underline{\Delta}_a$ na zbiorze Y_b .

Dowód

Niech dany będzie konsument a , dla którego $\theta_{ab} > 0$, oraz plan produkcji y'_b ograniczający z góry zbiór produkcji Y_b producenta b , czyli $y_b \leq y'_b$ dla każdego $y_b \in Y_b$. Stąd z warunku $\theta_{ab} \cdot y_b \leq \theta_{ab} \cdot y'_b$ wynika, że $x_a + \theta_{ab} \cdot y_b \leq x_a + \theta_{ab} \cdot y'_b$ dla każdego $x_a \in X_a$. Jednocześnie jeżeli funkcja użyteczności u_a jest monotoniczna, to otrzymujemy: $u_a(x_a + \theta_{ab} \cdot y_b) \leq u_a(x_a + \theta_{ab} \cdot y'_b)$, co zgodnie z definicją 2.3 oznacza, że $y_b \underline{\Delta}_a y'_b$.

Twierdzenie 6.2 mówi, że jeżeli zbiór technologicznie możliwych planów produkcji producenta b jest ograniczony z góry ze względu na relację \leq w przestrzeni $\mathbb{R}^{\ell+2}$ przez plan y'_b produkcji technologicznie możliwy dla niego, to plan ten jest jednocześnie planem maksymalizującym podażową relację preferencji $\underline{\Delta}_a$ konsumenta udziałowca danej firmy w przypadku, gdy preferencje tego konsumenta reprezentowane są przez monotoniczną funkcję użyteczności.

Wykorzystując sformułowane powyżej twierdzenia, możemy porównać plany maksymalizujące zysk danego producenta oraz plany maksymalizujące relację preferencji uwzględniającą zbiory produkcji.

Twierdzenie 6.3

Jeżeli w ekonomii Debreu z pieniądzem i podażowymi relacjami preferencji E_m^{Δ} spełnione są założenia:

1) $\exists b \in B$, dla którego zbiór produkcji Y_b jest ograniczony z góry przez plan $y'_b \in Y_b$,

2) $\forall a \in A$, takiego że $\theta_{ab} > 0$, jego funkcja użyteczności u_a jest monotoniczna,

3) $p > 0$,

to $y'_b \in \eta_b(p)$.

Dowód (nie wprost)

Z twierdzenia 6.2 oraz założeń 1 i 2 wynika, że plan produkcji $y'_b \in Y_b$ maksymalizuje relację \underline{A}_a konsumenta a na zbiorze Y_b . Wystarczy wykazać, że wyróżniony plan produkcji jest jednocześnie planem maksymalizującym zysk danego producenta b . Przyjmijmy hipotezę, że y'_b nie maksymalizuje zysku producenta b , tzn. istnieje taki plan produkcji $y_b^* \in Y_b$, że $y'_b \neq y_b^*$ oraz $py'_b < py_b^*$. Stąd $py'_b - py_b^* < 0$, więc $p(y'_b - y_b^*) < 0$. Zgodnie z założeniem 3, jeżeli dla systemu cen spełniony jest warunek $p > 0$, to istnieje $k \in \{1, 2, \dots, \ell\}$, takie że $y_b^k - y_b^{*k} < 0$, czyli $y_b^k < y_b^{*k}$, co jest sprzeczne z założeniem 1.

Twierdzenie 6.3 określa warunki, przy których plan produkcji najlepszy ze względu na podażową relację preferencji konsumenta udziałowca jest jednocześnie planem maksymalizującym zysk danego producenta.

Inną ważną obserwacją jest wpływ proinnowacyjnych konsumentów na rozwój innowacyjny całego systemu ekonomicznego przez podażową relację preferencji. Uściślając, konsumenci wyposażeni w proinnowacyjną podażową relację preferencji (podrozdział 3.3) wpływają na rozszerzenie innowacyjne systemu produkcji z pieniądzem, a co za tym idzie – na zmiany innowacyjne w całej ekonomii $E_m^{\underline{A}}$.

Niech dane będą dwa systemy produkcji z pieniądzem $P_m = (B, \mathbb{R}^{\ell+2}, p_m, \eta_m, \pi_m)$ oraz $P'_m = (B', \mathbb{R}^{\ell+2}, p'_m, \eta'_m, \pi'_m)$

Twierdzenie 6.4

Jeżeli w systemie P'_m istnieje producent $b' \in B'$, dla którego istnieje co najmniej jeden innowacyjny plan produkcji (definicja 3.1) $y_{b'} \in Y_{b'}$ oraz $\sum_{b \in B} c_b < \sum_{b' \in B'} c_{b'}$, to $P_m \subset_i P'_m$.

Dowód

Jeżeli plan produkcji $y_{b'} \in Y_{b'}$ jest innowacyjny, to $proj_{\mathbb{R}^{\ell}}(y_{b'}) \notin Y_b$ oraz $proj_{\mathbb{R}^{\ell}}(y_{b'}) \notin \eta_b(p)$ i $\pi_b(p) < \pi_{b'}(p') = p'y_{b'}$ dla każdego producenta $b \in B$, czyli spełnione są warunki 2.1, 2.2 i 2.3 definicji 2.11. Jednocześnie założenie dotyczące kredytów producentów jest warunkiem 2 definicji 2.12, czyli $P_m \subset_i P'_m$.

Twierdzenie 6.4 mówi, że jeżeli w systemie produkcji z pieniądzem P'_m działa co najmniej jeden producent innowator w stosunku do producentów działających w systemie P_m oraz suma kredytów producentów w systemie P_m jest mniejsza niż w systemie P'_m , to P'_m jest rozszerzeniem innowacyjnym systemu P_m . Ponadto opierając się na idei, że zmiany w sferze produkcji determinują zmiany w ekonomii Debreu z pieniądzem i podażowymi relacjami preferencji, wykazuje się, że proinnowacyjna postawa konsumentów wpływa na zmiany innowacyjne całego systemu.

Niech dane będą dwie ekonomie Debreu z podażowymi relacjami preferencji: $E_m^{\underline{A}} = (P_m, K_m, F, \theta, \omega_m, \mu, \{\underline{A}_a\})$, $E_m^{\underline{A}'} = (P'_m, K'_m, F', \theta', \omega'_m, \mu', \{\underline{A}'_a\})$.

Twierdzenie 6.5

Jeżeli:

- 1) $\ell \leq \ell'$, $A = A'$, $B = B'$,

- 2) $\exists b \in B$, dla którego² $Y_b^I \neq \emptyset$,

- 3) $\exists a \in A$, dla którego $\theta_{ab} > 0$ oraz podażowa relacja preferencji konsumenta \underline{A}_a

jest proinnowacyjna,

- 4) $\sum_{b \in B} c_b < \sum_{b' \in B'} c_{b'}$,

- 5) $\left| \sum_{r \in M} s_r \right| < \left| \sum_{r' \in M'} s_{r'} \right|$,

to $E_m^{\underline{A}} \subset_i E_m^{\underline{A}'}$.

Dowód

Z założeń 2 i 3 oraz definicji 3.9 wynika, że jeżeli relacja preferencji konsumenta a jest proinnowacyjna, to w ekonomii $E_m^{\underline{A}'}$ działa producent, którego optymalnym planem produkcji jest plan innowacyjny, czyli na podstawie twierdzenia 6.4 oraz wykorzystując założenie 4, otrzymujemy $P_m \subset_i P_m'$. Dodatkowo z założeniem 5 otrzymujemy spełnienie wszystkich warunków definicji 2.15, co oznacza, że $E_m^{\underline{A}} \subset_i E_m^{\underline{A}'}$.

Twierdzenie 6.5 mówi, że jeżeli w danym systemie ekonomicznym działalność co najmniej jednego konsumenta udziałowca w firmie producenta innowatora opiera się na proinnowacyjnych podażowych relacjach preferencji, a dodatkowo suma kredytów oraz suma oszczędności nie zmniejszają się, to w danej ekonomii wystąpi rozszerzenie innowacyjne. W rezultacie innowacyjne zmiany w ekonomii Debreu z pieniądzem oraz z podażowymi relacjami preferencji są stymulowane przez sferę popytową.

Podobnie jak miało to miejsce w rozdziale 5, formułuje się dynamiczną wersję twierdzenia 6.5, wykorzystując ideę quasi-półdynamicznego układu ekonomicznego z pieniądzem (podrozdział 4.1).

Twierdzenie 6.6

Niech dany będzie jednoznaczny, quasi-półdynamiczny układ ekonomiczny z pieniądzem i podażowymi relacjami preferencji $f_{E_m^{\underline{A}}}: E_m^{\underline{A}} \times R_+ \rightarrow P(E_m^{\underline{A}})$. Jeżeli:

- 1) $f_{\mathbb{R}^{\ell+2}}(\mathbb{R}^{\ell+2}, t_1) \leq f_{\mathbb{R}^{\ell+2}}(\mathbb{R}^{\ell+2}, t_2)$, $f_A(A, t_1) = f_A(A, t_2)$, $f_B(B, t_1) = f_B(B, t_2)$,

- 2) $\exists b \in B$, dla którego $f_y(Y_b, t_2) \neq \emptyset$,

- 3) $\exists a \in A$, dla którego $f_\theta(\theta_{ab}, t_1) = f_\theta(\theta_{ab}, t_2) > 0$ oraz $f_{\underline{A}}(\underline{A}_a, t_1) = f_{\underline{A}}(\underline{A}_a, t_2)$

jest proinnowacyjna,

- 4) $f_c\left(\sum_{b \in B} c_b, t_1\right) < f_c\left(\sum_{b \in B} c_b, t_2\right)$,

² Producent ten jest innowatorem (podrozdział 2.3).

$$5) \left| f_s \left(\sum_{r \in M} s_r, t_1 \right) \right| < \left| f_s \left(\sum_{r \in M} s_r, t_2 \right) \right|,$$

to $f_{E_m^{\Delta}}$ jest układem innowacyjnym.

Dowód

Dowód twierdzenia opiera się na tym, że odpowiednie komponenty układu ekonomicznego z pieniądzem i podaźowymi relacjami preferencji spełniają założenia twierdzenia 6.5. Stąd $f_{E_m^{\Delta}}(E_m^{\Delta}, t_1) \subset_i f_{E_m^{\Delta}}(E_m^{\Delta}, t_2)$, czyli $f_{E_m^{\Delta}}$ jest układem innowacyjnym.

6.2. Rola oszczędności oraz kredytu konsumpcyjnego w procesie dyfuzji innowacji

Jednym z głównych elementów ewolucji innowacyjnej opisanej w *Teorii rozwoju gospodarczego* J.A. Schumpetera (1912, 1960) jest proces dyfuzji innowacji. W procesie tym ważną rolę odgrywają nie tylko producenci innowatorzy, którzy wprowadzają nowe towary lub nowe technologie, ale również konsumenci, ponieważ ich akceptacja wprowadzanej innowacji jest warunkiem koniecznym jej sukcesu rynkowego. Założenie to jest oparte na dwóch przesłankach: po pierwsze, we współczesnych gospodarkach wielu państw większość działań innowacyjnych skierowana jest na innowacje produktowe. Po drugie, wiele firm wykorzystuje innowacje do wprowadzenia na rynek zupełnie nowych produktów, a tym samym wykreowania nowych nisz rynkowych, które zainteresują potencjalnych kupców. Ponadto różnorodność oferowanych przez producentów towarów powoduje zróżnicowanie w popycie. Zgodnie z rozważaniami celem tej części monografii jest zaprezentowanie podstaw ekonomii neoschumpeterowskiej, w której ważną rolę odgrywa konsumpcjonizm, nierozzerwalnie związany z kredytem konsumpcyjnym.

Zjawisko konsumpcjonizmu stanowi siłę napędową procesu rozwoju ekonomicznego, ponieważ prowadzi do wzrostu produkcji, a w rezultacie do powstania nowych miejsc pracy oraz nowych rynków zbytu. Jednocześnie zjawisko to jest bardzo skomplikowanym, wyjątkowym procesem. Ważnym aspektem jest tutaj nie tylko ogromna różnorodność towarów i usług, z których możemy wybierać, ale również ograniczone możliwości budżetowe gospodarstw domowych. W rezultacie jednym z głównych elementów wpływających na ewolucję innowacyjną związaną ze zjawiskiem konsumpcjonizmu jest kredyt konsumencki jako nowa możliwość płatności wykreowana przez banki. Ponadto kredyt konsumencki przez zwiększenie możliwości budżetowych sfery konsumpcji może przyczynić się do zintensyfikowania procesów innowacyjnych.

Możliwość zaciągnięcia kredytu konsumenckiego oznacza, że przy danym systemie cen oraz danych stopach procentowych każdy konsument decyduje czy powinien ulokować w banku część swojego zasobu początkowego w postaci oszczędności, czy skorzystać z kredytu, poprawiając tym samym swoje możliwości nabywcze, i mieć możliwość realizacji optymalnego planu konsumpcji, lepszego niż dotychczas (zgodnie z jego indywidualną relacją preferencji). W rezultacie decyzje te mają wpływ na zachowanie banków, ponieważ zgodnie z zasadą kreacji pieniądzy opartą na danym mnożniku, nazywanym współczynnikiem pokrycia kredytowego (pkt 2.1.5), w pierwszym przypadku mają one możliwość zwiększenia liczby kredytów. Jednocześnie z punktu widzenia konsumenta oszczędności powodują przesunięcie siły nabywczej w czasie (w przyszłość), natomiast kredyt konsumpcyjny powoduje przesunięcie siły nabywczej z przyszłości na moment bieżący.

Jednym z ważnych czynników w działalności konsumentów jest kredyt konsumpcyjny, który daje możliwość zwiększenia ich siły nabywczej. W rezultacie konsument dysponujący niezerowym kredytem może zrealizować optymalny plan konsumpcji lepszy od planów osiąganych bez kredytu, zgodnie z jego indywidualną relacją preferencji.

Najważniejszą korzyścią kredytu konsumpcyjnego jest możliwość zakupienia towarów lub usług, za które płaci się po pewnym okresie. Ponadto kredyt konsumenta wpływa korzystnie na stan całego systemu ekonomicznego. Pozwala on gospodarstwu domowemu urządzić dom, zapłacić za edukację, kupić dobra bez konieczności oszczędzania. Dopóki ma miejsce wzrost gospodarczy, konsumenci mogą spłacać swoje długi w przyszłości, ponieważ wykształcenie pozwala im zdobyć lepiej płatną pracę, a kupowanie przez nich towarów wpływa na powstawanie nowych miejsc pracy i nowych rynków zbytu. Proces ten jest źródłem cykli koniunkturalnych powodujących okresowe ożywienie gospodarki. Zmiany cykliczne w ekonomii są oparte na wprowadzeniu do systemu ekonomicznego nowych środków płatniczych w postaci wykreowanych przez banki kredytów. Warto zauważyć, że nie tylko kredyty bankowe są źródłem zwiększania środków finansowych w ekonomii, przyczyniają się do tego również zyski producentów i banków rozdzielane między udziałowców (konsumentów).

Banki kreują i dostarczają przedsiębiorcom nową siłę nabywczą w postaci kredytu powstałego z oszczędności. Pełnią funkcję łącznika pomiędzy sferą produkcji a sferą konsumpcji. Kredyt udzielony producentowi przez bank daje mu możliwość realizacji inwestycji niezbędnych do wprowadzenia danej innowacji. Jednocześnie banki dostarczają konsumentom nowej siły nabywczej. Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, że zgodnie ze współczynnikiem pokrycia kredytowego banki mają ograniczone możliwości udzielania kredytów, tzn. zwiększona wielkość kredytów konsumpcyjnych powoduje zmniejszenie kredytów innowacyjnych, co może wpłynąć niekorzystnie na rozwój innowacyjny.

Podstawy teoretyczne analizy roli banków, a w szczególności wpływ kredytów udzielanych producentom na rozwój innowacyjny całego systemu ekonomicznego, zostały opisane we wcześniejszej pracy (Ciałowicz i Malawski 2011). Wspomniana praca nie uwzględniała jednak możliwości udzielania kredytów konsumentom. Stąd analiza roli kredytów konsumpcyjnych w procesie dyfuzji innowacji jest rozszerzeniem wcześniejszych rozważań w nowym kierunku, dotychczas pomijanym. W analizie tej jednym z bardzo ważnych, ale jednocześnie trudnych problemów jest ocena wyników procesów o różnych trajektoriach, czyli porównywanie innowacyjności dwóch systemów ekonomicznych (zob. Hurt, Joseph i Cook 1977). Jednym ze sposobów takiego porównywania jest metryka innowacyjna wprowadzona w podrozdziale 2.4 i wykorzystana do oceny innowacyjności dwóch rozszerzeń innowacyjnych tego samego systemu produkcji z pieniądzem ze względu na różnice pomiędzy wskazanymi elementami charakterystyki. Drugą z propozycji takiej oceny jest badanie dwóch różnych procesów dyfuzji innowacji charakteryzujących się takim samym stanem początkowym przez porównanie ich końcowych stanów równowagi.

Stany równowagi (definicja 2.2) ekonomii E_m , zdefiniowane w rozdziale 2, możemy klasyfikować przez porównywanie optymalnych planów wszystkich uczestników rynku.

Definicja 6.2

Stan równowagi $\bar{s} = ((\bar{x}_a^*), (\bar{y}_b^*), (\bar{f}_r^*), \bar{p}^*)$ ekonomii E_m jest lepszy niż stan $s = ((x_a^*), (y_b^*), (f_r^*), p^*)$ (symbolicznie: $s \triangleleft \bar{s}$), jeżeli:

1) dla każdego konsumenta $a \in A$ $x_a^* \preceq_a \bar{x}_a^*$ oraz istnieje konsument $a' \in A$, dla którego $x_{a'}^* \prec_{a'} \bar{x}_{a'}^*$,

$$2) \sum_{b \in B} \pi_b(p^*) < \sum_{b \in B} \pi_b(\bar{p}^*),$$

$$3) \sum_{r \in M} \zeta_r(p^*) \leq \sum_{r \in M} \zeta_r(\bar{p}^*).$$

Zgodnie z tą definicją lepszym stanem równowagi \bar{s} jest ten, w którym wszyscy konsumenci realizują nie gorsze optymalne plany konsumpcji niż w stanie s , a co najmniej jeden z nich realizuje plan lepszy, suma maksymalnych zysków producentów jest większa, a suma maksymalnych zysków banków jest nie mniejsza niż analogiczne sumy w gorszym stanie równowagi.

Niech dana będzie ekonomia Debreu z pieniądzem $E_m = (\mathbb{R}^{\ell+2}, P_m, C_m, F, \theta, \varpi_m, \mu)$.

Twierdzenie 6.7

Jeżeli w ekonomii E_m działa dwóch różnych konsumentów $a, a' \in A$, dla których:

$$1) X_a = X_{a'},$$

$$2) \preceq_a = \preceq_{a'},$$

- 3) $proj_{\mathbb{R}^l}(e_a) = proj_{\mathbb{R}^l}(e_{a'})$,
- 4) $s_a = s_{a'}$,
- 5) $c_a \neq 0, c_{a'} = 0$,
- 6) $\theta_{ab} = \theta_{a'b}$ dla każdego $b \in B$,
- 7) $\mu_{ar} = \mu_{a'r}$ dla każdego $r \in M$,
- 8) $p_m > \mathbf{0}$,

to:

a) $\beta_m(a') \subsetneq \beta_m(a)$ (zbiór budżetowy konsumenta a z niezerowym kredytem konsumpcyjnym zawiera zbiór budżetowy konsumenta a' bez kredytu),

b) jeżeli dodatkowo relacja preferencji \preceq_a jest monotoniczna³, to $x_{a'}^* \prec_a x_a^*$ (optymalny plan konsumpcji konsumenta z niezerowym kredytem konsumpcyjnym jest lepszy od optymalnego planu konsumpcji konsumenta bez kredytu).

Dowód

Ad. a) Z założeń 3–7 wynika, że majątki wyróżnionych konsumentów wynoszą odpowiednio:

$$w_a = proj_{\mathbb{R}^l}(p_m)proj_{\mathbb{R}^l}(e_a) + \sum_{b \in B} \theta_{ab} \pi_b(p_m) + \sum_{r \in M} \mu_{ar} \zeta_r(p_m) + s_a + c_a,$$

$$w_{a'} = proj_{\mathbb{R}^l}(p_m)proj_{\mathbb{R}^l}(e_a) + \sum_{b \in B} \theta_{ab} \pi_b(p_m) + \sum_{r \in M} \mu_{ar} \zeta_r(p_m) + s_a,$$

więc $w_{a'} < w_a$.

Ponieważ dla każdego $x_{a'} \in \beta_m(a')$ spełniony jest warunek $p_m x_{a'} \leq w_{a'} < w_a$, stąd $x_{a'} \in \beta_m(a)$, gdzie $\beta_m(a) := \{x_a \in X_a : p_m x_a \leq w_a\}$;

Ad. b) Definicja monotonicznej relacji preferencji mówi, że dla każdych dwóch planów konsumpcyjnych $x_a, \tilde{x}_a \in X_a$, jeżeli każda współrzędna koszyka towarów x_a jest mniejsza lub równa odpowiedniej współrzędnej koszyka towarów \tilde{x}_a oraz co najmniej jedna współrzędna jest mniejsza ($x_a < \tilde{x}_a$), to koszyk x_a jest gorszy od koszyka \tilde{x}_a ($x_a \prec_a \tilde{x}_a$). Ponadto dla monotonicznej relacji preferencji optymalny plan konsumpcji x_a^* konsumenta a spełnia warunek: $p_m x_a^* = w_a$. Podobnie: $p_m x_{a'}^* = w_{a'}$.

Jeżeli $\beta_m(a') \subsetneq \beta_m(a)$, to istnieje optymalny plan konsumpcji konsumenta a , dla którego $x_a^* \in \beta_m(a)$ oraz $x_a^* \notin \beta_m(a')$. Jednocześnie dla każdego optymalnego planu konsumpcji konsumenta a' : $p_m x_{a'}^* = w_{a'} < w_a = p_m x_a^*$. Stąd z założenia 8 $p_m > \mathbf{0}$ wynika, że $x_{a'}^* < x_a^*$, a z monotoniczności relacji preferencji otrzymujemy: $x_{a'}^* \prec_a x_a^*$.

Twierdzenie 6.7 wykorzystane zostanie w udowodnieniu, że niezerowy kredyt konsumentki może poprawić efekt końcowy procesu dyfuzji innowacji, ponieważ

³ Relacja preferencji \preceq_a konsumenta a jest monotoniczna w zbiorze X_a , jeżeli $\forall x, \tilde{x} \in X_a: x < \tilde{x} \Rightarrow x \preceq_a \tilde{x}$; monotoniczność relacji preferencji jest odzwierciedleniem zasady „im więcej, tym lepiej”.

daje on możliwość osiągnięcia lepszego stanu równowagi (w sensie optymalności działania uczestników rynku) na końcu danego procesu.

Twierdzenie 6.8

Niech dana będzie ekonomia Debreu z pieniądzem E_m oraz dwa procesy dyfuzji innowacji w postaci półtrajektorii dodatnich $\tau_+(E_m)$ i $\bar{\tau}_+(E_m)$. Jeżeli:

- 1) $E_m^{t_1} = \bar{E}_m^{t_1}$, $F_m^{t_2} = \bar{F}_m^{t_2}$,
- 2) $\varrho^{t_2} = \bar{\varrho}^{t_2}$, $A = A^{t_2} = \bar{A}^{t_2}$, $B = B^{t_2} = \bar{B}^{t_2}$, $M = M^{t_2} = \bar{M}^{t_2}$,
 $p_m^{t_0} = \bar{p}_m^{t_0} = p_m^{t_1} = \bar{p}_m^{t_1} = p_m^{t_2} = \bar{p}_m^{t_2} > \mathbf{0}$, $\varpi^{t_2} = \bar{\varpi}^{t_2}$,
- 3) $\forall a \in A \forall b \in B: \theta_{ab}^{t_0} = \theta_{ab}^{t_1} = \theta_{ab}^{t_2}$, $\forall a \in A \forall r \in M: \mu_{ar}^{t_0} = \mu_{ar}^{t_1} = \mu_{ar}^{t_2}$,
- 4) $\sum_{\bar{a} \in \bar{A}^{t_2}} \bar{c}_a^{t_2} > 0$ oraz $\forall \bar{a} \in \bar{A}^{t_2}: \bar{c}_a^{t_2} \geq 0$, $\forall a \in A^{t_2}: c_a^{t_2} = 0$,

to $s \triangleleft \bar{s}$, gdzie $\bar{s} = ((\bar{x}_a^*), (\bar{y}_b^*), (\bar{f}_r^*), \bar{p}^*)$ jest końcowym stanem równowagi procesu $\bar{\tau}_+(E_m)$, $s = ((x_a^*), (y_b^*), (f_r^*), p^*)$ jest końcowym stanem równowagi procesu $\tau_+(E_m)$.

Dowód

Część 1. Z założenia 4 wynika, że w procesie $\bar{\tau}_+(E_m)$ istnieje konsument $\bar{a} \in \bar{A}_r^{t_2}$, dla którego $\bar{c}_a^{t_2} > 0$ (konsument \bar{a} posiada niezerowy kredyt), natomiast w procesie $\tau_+(E_m)$ każdy konsument ma zerowy kredyt. Zgodnie z założeniami 1–4 oraz na podstawie twierdzenia 6.7 otrzymujemy: $x_{\bar{a}}^* < \bar{x}_{\bar{a}}^*$ oraz $x_a^* <_a \bar{x}_a^*$, a jednocześnie dla każdego $a \in A$ zachodzi $x_a^* \leq_a \bar{x}_a^*$. Oznacza to, że spełniony jest warunek 1 definicji 6.2.

Część 2. Jeżeli \bar{s} jest stanem równowagi, to spełnia on wszystkie warunki równowagi rynkowej. W szczególności oznacza to, że $proj_{\mathbb{R}^{\ell_R}}(\bar{x}^{t_2} - \bar{y}^{t_2} + \bar{f}^{t_2}) = proj_{\mathbb{R}^{\ell_R}}(\bar{\omega}^{t_2})$, $\sum_{a \in A} \bar{s}_a^{t_2} + \sum_{r \in M} \bar{s}_r^{t_2} = 2\bar{\omega}_s^{t_2}$, $\sum_{r \in M} \bar{c}_r^{t_2} + \sum_{a \in A} \bar{c}_a^{t_2} + \sum_{b \in B} \bar{c}_b^{t_2} = 3\bar{\omega}_c^{t_2}$.

Analogicznie jeżeli s jest stanem równowagi, to $proj_{\mathbb{R}^{\ell_R}}(x^{t_2} - y^{t_2} + f^{t_2}) = proj_{\mathbb{R}^{\ell_R}}(\omega^{t_2})$, $\sum_{r \in M} c_r^{t_2} + \sum_{a \in A} c_a^{t_2} + \sum_{b \in B} c_b^{t_2} = 3\omega_c^{t_2}$.

Z założenia 2 mamy: $proj_{\mathbb{R}^{\ell_R}}(\bar{x}^{t_2} - \bar{y}^{t_2} + \bar{f}^{t_2}) = proj_{\mathbb{R}^{\ell_R}}(x^{t_2} - y^{t_2} + f^{t_2})$, oraz z założenia 1 mamy: $proj_{\mathbb{R}^{\ell_R}}(\bar{x}^{t_2} - \bar{y}^{t_2}) = proj_{\mathbb{R}^{\ell_R}}(x^{t_2} - y^{t_2})$. W rezultacie na podstawie części 1 dowodu ($x_{\bar{a}}^* < \bar{x}_{\bar{a}}^*$) otrzymujemy: $proj_{\mathbb{R}^{\ell_R}}(-\bar{y}^{t_2}) \leq proj_{\mathbb{R}^{\ell_R}}(-y^{t_2})$, więc $proj_{\mathbb{R}^{\ell_R}}(\bar{y}^{t_2}) \geq proj_{\mathbb{R}^{\ell_R}}(y^{t_2})$.

Podobnie $\sum_{r \in M} \bar{c}_r^{t_2} + \sum_{a \in A} \bar{c}_a^{t_2} + \sum_{b \in B} \bar{c}_b^{t_2} = \sum_{r \in M} c_r^{t_2} + \sum_{b \in B} c_b^{t_2}$ oraz zgodnie z założeniem 1 otrzymujemy: $\sum_{a \in A} \bar{c}_a^{t_2} + \sum_{b \in B} \bar{c}_b^{t_2} = \sum_{b \in B} c_b^{t_2}$. Stąd: $\sum_{b \in B} c_b^{t_2} - \sum_{b \in B} \bar{c}_b^{t_2} = \sum_{a \in A} \bar{c}_a^{t_2} > 0$, więc $\sum_{b \in B} c_b^{t_2} > \sum_{b \in B} \bar{c}_b^{t_2}$.

W rezultacie $\bar{y}^{t_2} > y^{t_2}$. Ponadto biorąc pod uwagę założenie 2, otrzymujemy: $\sum_{b \in B} \pi_b^{t_2}(p_m^{t_2}) = y^{t_2} \cdot p_m^{t_2} < \sum_{b \in B} \bar{\pi}_b^{t_2}(\bar{p}_m^{t_2}) = \bar{y}^{t_2} \cdot \bar{p}_m^{t_2}$, czyli spełniony jest warunek 2 definicji 6.2.

Część 3. Z założenia 1 mamy: $\sum_{r \in M} \zeta_r^{t_2}(p_m^{t_2}) = \sum_{r \in M} \bar{\zeta}_r^{t_2}(\bar{p}_m^{t_2})$, więc spełniony jest warunek 3 definicji 6.2.

Twierdzenie 6.8 mówi, że jeżeli w czasie procesu dyfuzji innowacji w ekonomii Debreu z pieniądzem co najmniej jeden konsument ma niezerowy kredyt konsumpcyjny, to końcowy stan równowagi w tym procesie jest lepszy, niż w przypadku gdy wszyscy konsumenci mają kredyty zerowe. Uogólniając, twierdzenie to pokazuje, że rezultat procesu dyfuzji zależy od preferencji konsumentów oraz zachowania strony popytowej ekonomii.

Jednocześnie nie można zapominać o negatywnych skutkach kredytów konsumenckich, których największą wadą jest ich cena, czyli procent od wielkości kredytu płacony w przyszłości. Spłata kredytu w kolejnym okresie oznacza zmniejszenie możliwości konsumpcyjnych konsumenta, czyli pogorszenie jego warunków budżetowych. Ponadto jeśli konsument zaniecha jego spłaty, koszt kredytu rośnie aż do całkowitego zablokowania jego możliwości nabywczych.

6.3. Wpływ sfery popytowej na intensywność zmian innowacyjnych

Aksjomatyczna analiza zmian innowacyjnych w systemie konsumpcji przeprowadzona w rozdziale 2 umożliwiła badanie aktywnej roli sfery popytowej w rozwoju innowacyjnym całego systemu ekonomicznego. Ważnym zagadnieniem jest tutaj nie tylko możliwość zaciągnięcia kredytu konsumpcyjnego, którego rola w zmianach innowacyjnych przeanalizowana została w podrozdziale 6.2, ale również wpływ proinnowacyjnego zachowania konsumentów na jakość zmian innowacyjnych w trakcie procesu dyfuzji innowacji.

W analizie procesów innowacyjnych jednym z najważniejszych, ale jednocześnie jednym z najtrudniejszych zagadnień jest pomiar innowacyjności danego systemu ekonomicznego, ponieważ ocena poziomu innowacyjności opiera się na obserwacji różnych czynników oraz różnych elementów charakteryzujących określone zmiany. Innowacyjność całego systemu ekonomicznego może być zatem mierzona na różne sposoby. Pierwszy sposób, opisany w podrozdziale 2.4 (definicja 2.24), wykorzystuje się do klasyfikacji dwóch rozszerzeń innowacyjnych systemu produkcji przez porównanie ich odległości od modelu wyjściowego. Drugi sposób, oparty na porównywaniu ze sobą stanów równowagi (przedstawiony w podrozdziale 6.2; definicja 6.2), możemy stosować tylko w przypadku porów-

nywania dwóch systemów ekonomicznych, które znajdują się w stanie równowagi, co nie zawsze ma miejsce. Kolejnym pomysłem jest porównywanie rozszerzeń innowacyjnych ekonomii Debreu z pieniądzem przez wykorzystanie metryki innowacyjnej, biorącej pod uwagę znaczące zmiany w elementach charakterystyki istotnych dla jego innowacyjności.

Niech dana będzie ekonomia Debreu z pieniądzem E_m oraz przestrzeń jej rozszerzeń innowacyjnych $\tilde{E}_m^i = \{\tilde{E}_m \in \mathbf{E}_m : E_m \subset_i \tilde{E}_m\}$.

Definicja 6.3

Metryką innowacyjną w przestrzeni $\tilde{E}_m^i \cup \{E_m\}$ nazwiemy odwzorowanie $\rho_i: \tilde{E}_m^i \cup \{E_m\} \times \tilde{E}_m^i \cup \{E_m\} \rightarrow \mathbb{R}$, takie że:

$$\forall E_m^1, E_m^2 \in \tilde{E}_m^i \quad \rho_i(E_m^1, E_m^2) = \sqrt{(\rho_{\Delta P_m})^2 + (\rho_{\Delta K_m})^2 + (\rho_{\Delta F})^2},$$

gdzie:

- $\rho_{\Delta P_m}: \mathbf{P}_m \times \mathbf{P}_m \rightarrow \mathbb{R}$ jest metryką w przestrzeni systemów produkcji z pieniądzem \mathbf{P}_m oraz $\rho_{\Delta P_m}(P_m^1, P_m^2) = \rho_{\Delta \ell} + \rho_{\Delta B} + \rho_{\Delta \pi_m} + \dots$, $\rho_{\Delta \ell} = |\ell^1 - \ell^2|$,

$$\rho_{\Delta B} = |\text{card}(B_i^1) - \text{card}(B_i^2)|, \quad \rho_{\Delta \pi_m} = \left| \max_{b^1 \in B^1} \pi_b^1 - \max_{b^2 \in B^2} \pi_b^2 \right|,$$

- $\rho_{\Delta K}: \mathbf{K}_m \times \mathbf{K}_m \rightarrow \mathbb{R}$ jest metryką w przestrzeni systemów konsumpcji \mathbf{K}_m z pieniądzem oraz $\rho_{\Delta K}(K^1, K^2) = \rho_{\Delta A} + \rho_{\Delta \varphi}$, $\rho_{\Delta A} = |\text{card}(A_i^1) - \text{card}(A_i^2)|$, gdzie A_i oznacza zbiór konsumentów z proinnowacyjną relacją preferencji,

$$\rho_{\Delta \varphi} = \begin{cases} \sup_{a^1 \in A_i^1, a^2 \in A_i^2} \alpha(\varphi_{a^1}^1, \text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell_1}}(\varphi_{a^2}^2)) & \text{dla } \ell_1 \leq \ell_2 \\ \sup_{a^1 \in A_i^1, a^2 \in A_i^2} \alpha(\text{proj}_{\mathbb{R}^{\ell_2}}(\varphi_{a^1}^1), \varphi_{a^2}^2) & \text{dla } \ell_1 \geq \ell_2 \end{cases}$$

- $\rho_{\Delta F}: \mathbf{F} \times \mathbf{F} \rightarrow \mathbb{R}$ jest metryką w przestrzeni systemów finansowych \mathbf{F} oraz $\rho_{\Delta F}(F^1, F^2) = \rho_{\Delta M} + \rho_{\Delta \zeta}$,

$$\rho_{\Delta M} = |\text{card}(M^1) - \text{card}(M^2)|, \quad \rho_{\Delta \zeta} = \left| \max_{r^1 \in M^1} \zeta_r^1 - \max_{r^2 \in M^2} \zeta_r^2 \right|.$$

Symbol $\alpha(X, Y)$ oznacza dystans Hausdorffa między zwartymi zbiorami X a Y (np. Małowski 1999, s. 85).

Struktura metryczna danej przestrzeni daje możliwość porównywania rozszerzeń innowacyjnych ekonomii ze względu na zmiany innowacyjne występujące w wyróżnionych elementach charakterystyki.

Niech dana będzie ekonomia Debreu z pieniądzem E_m oraz jej dwa rozszerzenia innowacyjne $\tilde{E}_m \in \tilde{E}_m^i$ oraz $\hat{E}_m \in \tilde{E}_m^i$.

Definicja 6.4

Ekonomia \hat{E}_m jest:

1) co najmniej tak innowacyjnym rozszerzeniem ekonomii E_m jak ekonomia \tilde{E}_m (symbolicznie: $\tilde{E}_m \leq_i \hat{E}_m$), jeżeli $\rho_i(\tilde{E}_m, E_m) \leq \rho_i(\hat{E}_m, E_m)$,

2) bardziej innowacyjnym rozszerzeniem ekonomii E_m niż ekonomia \tilde{E}_m (symbolicznie: $\tilde{E}_m \angle_i \hat{E}_m$), jeżeli $\rho_i(\tilde{E}_m, E_m) < \rho_i(\hat{E}_m, E_m)$.

Twierdzenie 6.9

Niech dana będzie ekonomia Debreu z pieniądzem E_m oraz dwa procesy dyfuzji innowacji w postaci półtrajektorii dodatnich $\tau_+(E_m)$ i $\tilde{\tau}_+(E_m)$. Jeżeli:

- 1) $E_m^{t_1} = \tilde{E}_m^{t_1}$,
- 2) $\text{card}(B_{im}^{t_2}) = \text{card}(\tilde{B}_{im}^{t_2})$,
- 3) $\varrho^{t_2} = \tilde{\varrho}^{t_2}$,
- 4) $\text{card}(A_i^{t_0}) = \text{card}(\tilde{A}_i^{t_0})$ oraz $\text{card}(A_i^{t_2}) < \text{card}(\tilde{A}_i^{t_2})$,
- 5) $\exists \bar{a} \in \tilde{A}_i^{t_2} \exists \bar{x}_{\bar{a}} \in \tilde{\Phi}_{\bar{a}}^{t_2} \forall a \in A_i^{t_2} \forall x_a \in \Phi_a^{t_2} x_a <_I \bar{x}_{\bar{a}}$,

to $E_m^{t_2} \angle_i \tilde{E}_m^{t_2}$.

Dowód

Z założenia 1 oraz założenia 2 otrzymujemy: $\varrho^{t_1} = \tilde{\varrho}^{t_1}$, $\max_{b \in B^{t_1}} \pi_b^{t_1} = \max_{b \in \tilde{B}^{t_1}} \tilde{\pi}_b^{t_1}$ oraz $\text{card}(B_{im}^{t_2}) = \text{card}(\tilde{B}_{im}^{t_2})$.

Stąd:

$$|\varrho^{t_0} - \varrho^{t_1}| = |\varrho^{t_0} - \tilde{\varrho}^{t_1}|, |\text{card}(B_i^{t_0}) - \text{card}(B_i^{t_1})| = |\text{card}(B_i^{t_0}) - \text{card}(\tilde{B}_i^{t_1})|,$$

oraz

$$\rho_{\Delta\pi} = \left| \max_{b \in B^{t_0}} \pi_b^{t_0} - \max_{b \in B^{t_1}} \pi_b^{t_1} \right| = \left| \max_{b \in B^{t_0}} \pi_b^{t_0} - \max_{b \in \tilde{B}^{t_1}} \tilde{\pi}_b^{t_1} \right|.$$

Zgodnie z założeniem 3 mamy: $|\varrho^{t_0} - \varrho^{t_2}| = |\varrho^{t_0} - \tilde{\varrho}^{t_2}|$.

Zgodnie z definicją 2.19 rozszerzenia imitującego systemu produkcji oraz definicją 4.7 procesu dyfuzji innowacji otrzymujemy zatem: $\max_{b \in B^{t_2}} \pi_b^{t_2} = \max_{b \in \tilde{B}^{t_2}} \tilde{\pi}_b^{t_2}$, więc

$$\left| \max_{b \in B^{t_0}} \pi_b^{t_0} - \max_{b \in B^{t_2}} \pi_b^{t_2} \right| = \left| \max_{b \in B^{t_0}} \pi_b^{t_0} - \max_{b \in \tilde{B}^{t_2}} \tilde{\pi}_b^{t_2} \right|,$$

oraz

$$|\text{card}(B_i^{t_0}) - \text{card}(B_i^{t_2})| = |\text{card}(B_i^{t_0}) - \text{card}(\tilde{B}_i^{t_2})|.$$

Stąd:

$$\rho_{\Delta P}(P^{t_0}, P^{t_2}) = \rho_{\Delta\varrho} + \rho_{\Delta B} + \rho_{\Delta\pi} = |\varrho^{t_0} - \varrho^{t_2}| + |\text{card}(B_i^{t_0}) - \text{card}(B_i^{t_2})| +$$

$$\left| \max_{b \in B^{t_0}} \pi_b^{t_0} - \max_{b \in B^{t_2}} \pi_b^{t_2} \right| = |\varrho^{t_0} - \tilde{\varrho}^{t_2}| + |\text{card}(B_i^{t_0}) - \text{card}(\tilde{B}_i^{t_2})| +$$

$$\left| \max_{b \in B^{t_0}} \pi_b^{t_0} - \max_{b \in \tilde{B}^{t_2}} \tilde{\pi}_b^{t_2} \right| = \rho_{\Delta P}(P^{t_0}, \tilde{P}^{t_2}).$$

Z założenia 4 wynika: $|\text{card}(A_i^{t_0}) - \text{card}(A_i^{t_2})| < |\text{card}(A_i^{t_0}) - \text{card}(\tilde{A}_i^{t_2})|$.

Z założeń 3 oraz 5 otrzymujemy:

$$\sup_{a^0 \in A_i^{t_0}, a^2 \in A_i^{t_2}} \alpha(\varphi_{a^0}^{t_0}, \varphi_{a^2}^{t_2}) < \sup_{a^0 \in B_i^{t_0}, \tilde{a}^2 \in \tilde{A}_i^{t_2}} \alpha(\varphi_{a^0}^{t_0}, \tilde{\varphi}_{\tilde{a}^2}^{t_2}).$$

Stąd:

$$\begin{aligned} \rho_{\Delta K}(K^{t_0}, K^{t_2}) &= \rho_{\Delta A} + \rho_{\Delta \varphi} = | \text{card}(A_i^{t_0}) - \text{card}(A_i^{t_2}) | + \\ &\sup_{a^0 \in A_i^{t_0}, a^2 \in A_i^{t_2}} \alpha(\varphi_{a^0}^{t_0}, \varphi_{a^2}^{t_2}) < | \text{card}(A_i^{t_0}) - \text{card}(\bar{A}_i)^{t_2} | + \\ &\sup_{a^0 \in A_i^{t_0}, \bar{a}^2 \in \bar{A}_i^{t_2}} \alpha(\varphi_{a^0}^{t_0}, \bar{\varphi}_{\bar{a}^2}^{t_2}) = \rho_{\Delta K}(K^{t_0}, \bar{K}^{t_2}) \end{aligned}$$

oraz

$$\begin{aligned} \rho_i(E_p^{t_0}, E_p^{t_2}) &= \sqrt{(\rho_{\Delta P}(P^{t_0}, P^{t_2}))^2 + (\rho_{\Delta C}(K^{t_0}, K^{t_2}))^2} < \rho_i(E_p^{t_0}, \bar{E}_p^{t_2}) = \\ &= \sqrt{(\rho_{\Delta P}(P^{t_0}, \bar{P}^{t_2}))^2 + (\rho_{\Delta K}(K^{t_0}, \bar{K}^{t_2}))^2}, \end{aligned}$$

więc $E_m^{t_2} \angle_i \bar{E}_m^{t_2}$.

Twierdzenie 6.9 mówi, że jeżeli porównujemy dwa procesy dyfuzji innowacji $\pi_+(E_m)$ i $\bar{\pi}_+(E_m)$, dla których stanem początkowym jest dany model formalny ekonomii Debreu z pieniądzem E_m oraz:

1) w pierwszym etapie danego procesu dla obu trajektorii występuje to samo rozszerzenie innowacyjne,

2) w drugim etapie występuje ta sama liczba producentów imitatorów oraz na rynku nie pojawiają się nowe towary,

3) w procesie $\bar{\pi}_+(E_m)$ uczestniczy więcej konsumentów z proinnowacyjną relacją preferencji oraz co najmniej jeden z nich może zrealizować plan konsumpcji bardziej innowacyjny niż plany konsumpcji realizowane w procesie $\pi_+(E_m)$.

Jeżeli spełnione są wszystkie wymienione założenia, to ekonomia $\bar{E}_m^{t_2}$ powstała jako efekt końcowy procesu dyfuzji innowacji $\bar{\pi}_+(E_m)$ jest bardziej innowacyjnym rozszerzeniem modelu wyjściowego niż ekonomia $E_m^{t_2}$ zgodnie z metryką innowacyjną w przestrzeni \bar{E}_m^i .

Zakończenie

Praca wpisuje się w nurt badań eksponujący – wbrew tradycji J.A. Schumpetera – aktywną rolę strony popytowej gospodarki w procesie rozwoju innowacyjnego i jest zgodna z koncepcją ewolucji ekonomicznej jako złożonego zjawiska, w którym konsumenci mogą wpływać na intensywność zmian innowacyjnych w całym systemie ekonomicznym. Głównym motywem podjęcia badań na ten temat był fakt, że konsumpcja jest elementem niezbędnym do poprawy jakości życia, a zarazem kreuje kapitał ludzki, społeczny i intelektualny. Staje się również istotnym czynnikiem współdecydującym o innowacyjności rozwoju społeczno-gospodarczego. Jednocześnie analiza zjawiska konsumpcjonizmu nie została przedstawiona w żadnym z formalnych ujęć teorii rozwoju gospodarczego J.A. Schumpetera.

W monografii zaproponowano aksjomatyzację zmian innowacyjnych w sferze konsumpcji oraz opisano wzajemne oddziaływanie sfery podażowej i sfery popytowej w procesie rozwoju innowacyjnego w ujęciu zarówno statycznym, jak i dynamicznym. W tym celu wykorzystano aparat pojęciowy nowocześnie ujętej teorii równowagi ogólnej w postaci aksjomatycznej. W szczególności wyróżnione zostały dwa rodzaje innowacyjności konsumentów: pierwszy z nich związany jest z udziałem konsumentów, jako współwłaścicieli firm, w wyborze innowacyjnych planów produkcji przez podażowe relacje preferencji, drugi wiąże się z predyspozycją konsumentów do kupowania produktów innowacyjnych i korzystania z nich.

Kolejnym ważnym zagadnieniem, którego analiza aksjomatyczna została podjęta w pracy, jest rola innowacyjności konsumentów oraz kredytów konsumpcyjnych jako podstawowych determinant oraz czynników intensyfikujących zmiany w procesie dyfuzji innowacji. W tym kontekście w monografii przedstawione zostało nowatorskie, formalne ujęcie koncepcji aktywnej roli konsumentów w procesach innowacyjnych, nie tylko jako użytkowników nowych produktów, ale również jako inicjatorów zmian innowacyjnych. W pracy przedstawiono zarówno statyczną, jak i dynamiczną wersję otrzymanych rezultatów, kontynuując wcześniejsze modelowanie ewolucji schumpeterowskiej wykorzystujące aksjomatyczną postać teorii równowagi ogólnej. Modelowanie to rozpoczęte zostało w latach 90. XX w., a jego rezultaty, prezentowane na wielu zagranicznych konferencjach oraz w anglojęzycznych czasopiśmie, nadały jej charakter międzynarodowy.

Monografia nie wyczerpuje jednak w całości problematyki związanej z formalnym ujęciem roli sfery popytowej w rozwoju innowacyjnym. Podczas przygotowywania niniejszej pracy pojawiły się następujące otwarte problemy badawcze:

1) określenie warunków decydujących o istnieniu równowagi w modelu formalnym ekonomii Debreu z pieniądzem oraz w modelu ekonomii Debreu z podażowymi relacjami preferencji. Problem ten należałoby rozwiązać przez sformułowanie odpowiedniego twierdzenia, w którym obok założeń dotyczących sfery produkcji i konsumpcji trzeba wprowadzić założenia dotyczące sfery finansowej;

2) problem mierzenia oraz porównywania ze sobą innowacyjności konsumentów. Rozwiązaniem jest wprowadzenie odpowiedniej struktury metrycznej w przestrzeni systemów konsumpcji opartej na porównywaniu elementów charakterystyki konsumentów decydujących o ich innowacyjności;

3) aksjomatyzacja zjawiska imitacji w sferze konsumpcji. Warto zwrócić uwagę na szczególnego rodzaju liderów (np. dyktatorów mody, blogerów, celebrytów), którzy wpływają na kształtowanie się preferencji innych konsumentów.

Wykaz symboli

Symbol	Znaczenie
Symbole logiczne	
\wedge	i (koniunkcja)
\vee	lub (alternatywa)
\Leftrightarrow	wtedy i tylko wtedy, gdy (równoważność)
\Rightarrow	jeżeli, to (implikacja)
Zbiory	
\emptyset	zbiór pusty
$a \in A$	a należy do zbioru A ; a jest elementem zbioru A
$a \notin A$	a nie należy do zbioru A ; a nie jest elementem zbioru A
$A \subset B$	A jest podzbiorem zbioru B ; A zawiera się w B
$P(X)$	zbiór potęgowy (rodzina wszystkich podzbiorów zbioru X); $P(X) = \{A: A \subset X\}$
$P_0(X)$	rodzina wszystkich niepustych podzbiorów zbioru X ; $P_0(X) = \{A: A \subset X, A \neq \emptyset\}$
$\{a, b, c\}$	zbiór, którego elementami są a, b i c
\mathbb{R}	zbiór liczb rzeczywistych
\mathbb{R}_+	zbiór liczb rzeczywistych nieujemnych $\mathbb{R}_+ = \{a \in \mathbb{R}: a \geq 0\}$
$card(A)$	moc zbioru; wielkość danego zbioru
$A \cup B$	suma mnogościowa zbiorów A i B $A \cup B = \{x: x \in A \vee x \in B\}$
$A \cap B$	iloczyn mnogościowy zbiorów A i B część wspólna zbiorów A i B $A \cap B = \{x: x \in A \wedge x \in B\}$
$A \setminus B$	różnica mnogościowa zbiorów A i B $A \setminus B = \{x: x \in A \wedge x \notin B\}$
$A \times B$	iloczyn kartezjański zbiorów A i B $A \times B = \{(a, b): a \in A \wedge b \in B\}$
\mathbb{R}^2	2-wymiarowa przestrzeń rzeczywista $\mathbb{R}^2 = \mathbb{R} \times \mathbb{R} = \{(x, y): x \in \mathbb{R} \wedge y \in \mathbb{R}\}$
\mathbb{R}^3	3-wymiarowa przestrzeń rzeczywista $\mathbb{R}^3 = \mathbb{R} \times \mathbb{R} \times \mathbb{R} = \{(x, y, z): x \in \mathbb{R} \wedge y \in \mathbb{R} \wedge z \in \mathbb{R}\}$

Symbol	Znaczenie
\mathbb{R}^n	n -wymiarowa przestrzeń rzeczywista (zbiór ciągów n -elementowych) $\mathbb{R}^n = \mathbb{R} \times \dots \times \mathbb{R} = \{x = (x_1, x_2, \dots, x_n) : x_i \in \mathbb{R} \text{ dla } i \in \{1, \dots, n\}, n \in \mathbb{N}\}$
Kwantyfikatory	
\forall	dla każdego (kwantyfikator ogólny)
\exists	istnieje (kwantyfikator szczegółowy)
Symbole ekonomiczne	
\mathbb{R}^ℓ	ℓ -wymiarowa przestrzeń towarów i cen
\mathbb{R}^{ℓ_I}	(rzeczywista) przestrzeń towarów innowacyjnych
\mathbb{R}^{ℓ_n}	(rzeczywista) przestrzeń towarów nieinnowacyjnych
\mathbb{R}^I	(rzeczywista) przestrzeń towarów konsumpcyjnych
\mathbb{R}^Z	(rzeczywista) przestrzeń prac wykonywanych przez konsumenta
p	wektor (system) cen
P	system produkcji; $P = (B, \mathbb{R}^\ell, y, p, \eta, \pi)$
P_m	system produkcji z pieniądzem
B	zbiór producentów
B_i	zbiór producentów innowatorów
B_{im}	zbiór producentów imitatorów
Y_b	zbiór produkcji producenta b zbiór planów produkcyjnych technologicznie możliwych dla producenta b
y_b	plan produkcyjny producenta b (wektor); podaż producenta b
η_b	korespondencja podaży producenta b
$\eta_b(p)$	zbiór planów produkcyjnych technologicznie możliwych, maksymalizujących zysk producenta b przy wektorze cen p
y_b^*	produkcja w równowadze producenta b plan produkcji maksymalizujący zysk producenta b
π_b	funkcja zysku mierząca wartość zysku maksymalnego producenta b
$\pi_b(p)$	maksymalny zysk producenta dla danego wektora cen p
K	system konsumpcji; $K = (A, \mathbb{R}^\ell, Pref, x, e, \varepsilon, p, \beta, \varphi)$
K_m	system konsumpcji z pieniądzem
A	zbiór konsumentów
X_a	zbiór konsumpcji konsumenta a zbiór planów konsumpcyjnych możliwych do realizacji dla konsumenta a ze względu na jego strukturę psychofizyczną
x_a	popyt konsumenta a (wektor); plan konsumpcyjny; koszyk towarów

Symbol	Znaczenie
$Pref$	rodzina wszystkich relacji preferencji zdefiniowanych na przestrzeni towarów; $Pref \subset \mathbb{R}^\ell \times \mathbb{R}^\ell$
\preceq_a	słaba relacja preferencji konsumenta a
$\bar{x}_a \preceq_a \tilde{x}_a$	koszyk towarów \bar{x}_a jest co najwyżej w takim stopniu preferowany przez konsumenta a jak koszyk towarów \tilde{x}_a koszyk towarów \tilde{x}_a nie jest gorszy od koszyka towarów \bar{x}_a dla konsumenta a
\prec_a	relacja silnej preferencji konsumenta a
$\bar{x}_a \prec_a \tilde{x}_a$	koszyk towarów \bar{x}_a jest gorszy od koszyka towarów \tilde{x}_a dla konsumenta a
\sim_a	relacja obojętności konsumenta a
$\bar{x}_a \sim_a \tilde{x}_a$	koszyk towarów \bar{x}_a jest obojętny względem koszyka towarów \tilde{x}_a dla konsumenta a
u_a	funkcja użyteczności konsumenta a
$u_a(x_a)$	użyteczność planu konsumpcji x_a (liczba)
$e(a), e_a$	zasób konsumenta a (wektor)
w_a	wartość zasobu początkowego (majątek) konsumenta a (liczba); $w_a := pe_a$
$\beta(a), \beta_a$	zbiór budżetowy konsumenta a ; $\beta(a) := \{x_a \in X_a; px_a \leq pe_a\}$ zbiór planów konsumpcyjnych możliwych do realizacji dla konsumenta a
$\varphi(a), \varphi_a$	korespondencja popytu konsumenta a ; $\varphi(a) := \{x^* \in \beta_a; \forall x \in \beta_a \ x \preceq_a x^*\}$ zbiór planów konsumpcji maksymalizujących preferencje konsumenta a na jego zbiorze budżetowym
x_a^*	konsumpcja w równowadze konsumenta a ; $x_a^* \in \varphi_a$ plan konsumpcji maksymalizujący funkcję użyteczności konsumenta a na jego zbiorze budżetowym
$\theta_{ab}, \theta(a, b)$	udziały konsumenta a w zyskach producenta b ; $\theta_{ab} \in [0, 1]$
E	ekonomia Debreu; $E = (P, K, \theta, \varpi)$
ϖ	wektor całkowitych zasobów ekonomii E ; $\varpi := \sum_{a \in A} e_a \in \mathbb{R}^\ell$
F	system finansowy; $F = (M, \mathbb{R}^{\ell+2}, f, p_m, \gamma, \zeta)$
M	zbiór banków
F_r	zbiór planów finansowych możliwych do realizacji banku r ; $F_r \subset \mathbb{R}^{\ell+2}$
f_r	plan finansowy banku r ; $f_r = (0, \dots, 0, s_r, c_r) \in \mathbb{R}^{\ell+2}$
s_{ar}	oszczędności konsumenta a w banku r ; $s_{ar} \leq 0$
s_r	suma oszczędności konsumentów w banku r ; $s_r = \sum_{a \in A} s_{ar}$
c_{br}	kredyt producenta b udzielony przez bank r ; $c_{br} \geq 0$
c_{ar}	kredyt konsumenta a udzielony przez bank r ; $c_{ar} \geq 0$

Symbol	Znaczenie
c_r	suma kredytów banku r ; $c_r = \sum_{b \in B} c_{br} + \sum_{a \in A} c_{ar}$
i_s	oprocentowanie oszczędności
i_c	oprocentowanie kredytów
P_m	wektor cen z oprocentowaniem oszczędności i kredytów; $P_m = (p_1, \dots, p_\ell, i_s, i_c) \in \mathbb{R}^{\ell+2}$
ζ	funkcja zysku maksymalnego banków
z_r	zysk banku r ; $z_r(p_m, f_r) := p_m f_r = i_c \left(\sum_{b \in B} c_{br} + \sum_{a \in A} c_{ar} \right) + i_s \left(\sum_{a \in A} s_{ar} \right)$
μ_{ar}	udział konsumenta a w zysku banku r ; $\mu_{ar} \in [0, 1]$ $\sum_{a \in A} \mu_{ar} = 1$
E_m	ekonomia Debreu z pieniądzem; $E_m = (P_m, C_m, F, \theta, \varpi_m, \mu)$
$\underline{\Delta}_a$	relacja preferencji podażowych konsumenta a
$y_b \underline{\Delta}_a \tilde{y}_b$	plan produkcji y_b jest co najwyżej w takim stopniu preferowany jak plan \tilde{y}_b przez konsumenta a
$E^{\underline{\Delta}}$	ekonomia Debreu z podażowymi relacjami preferencji; $E^{\underline{\Delta}} = (P, K, \theta, \varpi, \{\underline{\Delta}_a\})$
$E_m^{\underline{\Delta}}$	ekonomia Debreu z pieniądzem oraz podażowymi relacjami preferencji; $E_m^{\underline{\Delta}} = (P_m, K_m, F, \theta, \varpi_m, \mu, \{\underline{\Delta}_a\})$
\subset_c	rozszerzenie kumulatywne
\subset_i	rozszerzenie innowacyjne
\subset_d	twórcza destrukcja
\subset_{ic}	rozszerzenie innowacyjne zachowujące zmiany kumulatywne
\subset_{im}	rozszerzenie imitujące
f_p	quasi-półdynamiczny układ produkcji
f_K	quasi-półdynamiczny układ konsumpcji
f_E	quasi-półdynamiczny układ ekonomiczny Debreu
f_F	quasi-półdynamiczny układ finansowy
f_{E_m}	quasi-półdynamiczny układ ekonomiczny Debreu z pieniądzem
$\tau_+(E_m)$	półtrajektoria dodatnia quasi-półdynamicznego układu ekonomicznego Debreu z pieniądzem

Literatura

- Aghion P. (2002), *Schumpeterian Growth Theory and the Dynamics of Income Inequality*, „Econometrica”, vol. 70, nr 3, s. 855–882.
- Aghion P., Howitt P. (1992), *A Model of Growth through Creative Destruction*, „Econometrica”, vol. 60, nr 2, s. 323–351.
- Altshuller G. (2007), *The Innovation Algorithm: TRIZ, Systematic Innovation, and Technical Creativity*, Technical Innovation Center, Worcester.
- Andersen E.S. (2007), *Innovation and Demand* (w:) *Elgar Companion to Neo-Schumpeterian Economics*, eds H. Hanusch, A. Pyka, Edward Elgar, Cheltenham–Northampton, s. 754–765.
- Andersen E.S. (2009), *Schumpeter's Evolutionary Economics*, Anthem Press, London.
- Andersen E.S., Pyka A. (2012), *Introduction: Long Term Economic Development – Demand, Finance, Organization, Policy and Innovation in a Schumpeterian Perspective*, „Journal of Evolutionary Economics”, vol. 22, nr 4, s. 621–625.
- Aversi R., Dosi G., Fagiolo G., Meacci M., Olivetti C. (1999), *Demand Dynamics with Socially Evolving Preferences*, „Industrial and Corporate Change”, vol. 8, nr 2, s. 353–408.
- Bass F.M. (1969), *A New Product Growth for Model Consumer Durables*, „Management Science”, vol. 15, nr 5, s. 215–227.
- Bass F.M. (1986), *The Adoption of a Marketing Model* (w:) *Innovation Diffusion Models of New Product Acceptance*, eds V. Mahajan, J. Wind, Ballinger, Cambridge, s. 27–33.
- Berinato S., Shenkar O. (2010), *Defend Your Research: Imitation Is More Valuable Than Innovation*, „Harvard Business Review”, April.
- Bessen J., Maskin E. (2009), *Sequential Innovation, Patents and Imitation*, „RAND Journal of Economics”, vol. 40, nr 4, s. 611–635.
- Boianovsky M., Trautwein H. (2010), *Schumpeter on Unemployment*, „Journal of Evolutionary Economics”, vol. 20, nr 2, s. 233–263.
- Byrski B. (1986), *Procesy innowacyjne w przemyśle*, Akademia Ekonomiczna w Krakowie, Kraków.
- Caiani A., Godin A., Lucarelli S. (2014), *Innovation and Finance: A Stock Flow Consistent Analysis of Great Surges of Development*, „Journal of Evolutionary Economics”, vol. 24, nr 2, s. 421–448.
- Chesbrough H.W. (2002), *Graceful Exits and Foregone Opportunities: Xerox's Management of Its Technology Spin-off Companies*, „Business History Review”, nr 4.

- Chesbrough H.W. (2003), *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*, Harvard Business School Press, Boston.
- Ciałowicz B. (2014a), *The Phenomenon of Equifinality in the Innovative Development of the Private Ownership Economy*, „Economic Modelling”, vol. 38, nr C, s. 1–5.
- Ciałowicz B. (2014b), *Rola imitacji w schumpeterowskiej ewolucji innowacyjnej – ujęcie aksjomatyczne* (w:) *Statystycy, ekonometrycy i matematycy Polski Południowej dla rozwoju badań społeczno-ekonomicznych*, red. J. Pocięcha, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, Kraków, s. 56–65.
- Ciałowicz B. (2015), *Analysis of Consumer Innovativeness in an Axiomatic Approach*, „Mathematical Economics”, nr 11(18), s. 21–32.
- Ciałowicz B. (2016), *Analiza roli kredytów konsumpcyjnych w procesie dyfuzji innowacji – ujęcie aksjomatyczne*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie”, nr 9(957), s. 5–20.
- Ciałowicz B., Malawski A. (2011), *The Role of Banks in the Schumpeterian Innovative Evolution – an Axiomatic Set-up* (w:) *Catching Up, Spillovers and Innovation Networks in a Schumpeterian Perspective*, eds A. Pyka, F. Derengowski, M. da Graca, Springer, Heidelberg, s. 31–58.
- Ciałowicz B., Malawski A. (2012), *The Role of Households in the Schumpeterian Innovative Evolution – an Axiomatic Set-up*, Paper presented at the 14th International Schumpeter Society Conference, University of Queensland, Brisbane, Australia, July 2–5.
- Ciałowicz B., Malawski A. (2013), *Demand Driven Schumpeterian Innovation Evolution* (w:) *Innovative Economy as the Object of Investigation in Theoretical Economics*, ed. A. Malawski, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, Kraków, s. 34–65.
- Ciałowicz B., Malawski A. (2016), *The Logic of Imitative Processes: Imitation as Secondary Innovation – an Axiomatic Schumpeterian Analysis*, „Argumenta Oeconomica Cracoviensia”, nr 15, s. 43–56.
- Clark P.A. (2003), *Organizational Innovations*, Sage Publications, London.
- Clark R.A., Goldsmith R.E. (2006), *Interpersonal Influence and Consumer Innovativeness*, „International Journal of Consumer Studies”, vol. 30, nr 1, s. 34–43.
- Daft R. (2006), *Organization Theory and Design*, South-West Thompson Learning, Mason, USA.
- David P.A. (1969), *A Contribution to the Theory of Diffusion*, Stanford Centre for Research in Economic Growth, Memorandum 71, Stanford University, Stanford, USA.
- Dearing J.W., Meyer G. (2006), *Revisiting Diffusion Theory* (w:) *Communication of Innovations: A Journey with Ev Rogers*, eds A. Singhal, J.W. Dearing, Sage, Thousand Oaks, s. 29–60.
- Debreu G. (1959), *Theory of Value*, Wiley, New York.
- Demand and Innovation. How Customer Preferences Shape the Innovation Process* (2010), NESTA, The Work Foundation Working Paper, March, www.nesta.org.uk/publications/assets/features/demand_and_innovation.pdf (data dostępu: 15.05.2016).
- Drucker P. (1992), *Innowacja i przedsiębiorczość. Praktyka i zasady*, PWE, Warszawa.
- Elgar Companion to Neo-Schumpeterian Economics* (2007), eds H. Hanusch, A. Pyka, Edward Elgar, Cheltenham–Northampton.

- Foster J. (2011), *Evolutionary Macroeconomics: A Research Agenda* (w:) *Catching Up, Spillovers and Innovations Networks in a Schumpeterian Perspective*, eds A. Pyka, F. Derengowski, M. da Graca, Springer, Heidelberg, s. 7–30.
- Franke N. (2014), *User-driven Innovation* (w:) *The Oxford Handbook of Innovation Management*, eds M. Dodgson, D.M. Gann, N. Phillips, Oxford University Press, Oxford, s. 83–101.
- Freeman Ch. (1982), *The Economist of Industrial Innovation*, F. Piner, London.
- Glass A.J. (1999), *Imitation as a Stepping Stone to Innovation*, Ohio State University, Working Paper nr 99–11.
- Green K., Walsh V., Tomlinson M., McMeekin A. (2002), *Innovation by Demand: Interdisciplinary Approaches to the Study of Demand and Its Role in Innovation*, Manchester University Press.
- Green L.W., Gottlieb N.H., Parcel G.S. (1991), *Diffusion Theory Extended and Applied* (w:) *Advances in Health Education and Promotion*, eds W.B. Ward, F.M. Lewis, Jessica Kingsley Publishers, London, s. 91–117.
- Handbook of Mathematical Economics* (vol. 1 – 1981, vol. 2 – 1982, vol. 3 – 1986, vol. 4 – 1991), eds K.J. Arrow, M.D. Intriligator, Elsevier Science, Amsterdam.
- Hanusch H., Pyka A. (2006), *The Principles of Neo-Schumpeterian Economics*, „Cambridge Journal of Economics”, nr 31, s. 275–289.
- Hanusch H., Pyka A. (2007a), *A Roadmap to Comprehensive Neo-Schumpeterian Economics* (w:) *Elgar Companion to Neo-Schumpeterian Economics*, eds H. Hanusch, A. Pyka, Edward Elgar, Cheltenham–Northampton, s. 1160–1170.
- Hanusch H., Pyka A. (2007b), *Schumpeter, Joseph Alois (1883–1950)* (w:) *Elgar Companion to Neo-Schumpeterian Economics*, eds H. Hanusch, A. Pyka, Edward Elgar, Cheltenham–Northampton, s. 19–26.
- Hippel E. von (1986), *Lead Users: A Source of Novel Product Concepts*, „Management Science”, vol. 32, nr 7, s. 791–806.
- Hippel E. von (2005), *Democratizing Innovation*, MIT Press, Cambridge.
- Hobson J.A. (1902), *Imperialism*, James Pott, New York.
- Hodgson G.M. (1993), *Economics and Evolution: Bringing Life Back into Economics*, Polity Press, Cambridge.
- Howe J. (2006), *The Rise of Crowdsourcing*, „Wired Magazine”, vol. 14, nr 6, s. 1–4.
- Hurt H.T., Joseph K., Cook C. (1977), *Scales for the Measurement of Innovativeness*, „Human Communication Research”, vol. 4, nr 1, s. 58–65.
- Innovation, Industrial Dynamics and Structural Transformation. Schumpeterian Legacies* (2007), eds U. Cantner, F. Malerba, Springer, Berlin.
- Innovative Economy as the Object of Investigation in Theoretical Economics* (2013), red. A. Malawski, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, Kraków.
- Innowacyjność oknem na świat* (2004), red. M. Czernielewska-Rutkowska, E. Karasiński, Łódzkie Towarzystwo Naukowe, Łódź.
- Keynes J.M. (1936), *The General Theory of Employment, Interest, and Money*, Macmillan, London.
- Keynes J.M. (1985), *Ogólna teoria zatrudnienia, procentu i pieniądza*, wyd. 2, PWN, Warszawa.

- Kitchel D. (2016), *A Real and Monetary Analysis of Capitalism*, „Journal of Evolutionary Economics”, vol. 26, nr 2, s. 443–464.
- Kline S., Rosenberg N. (1986), *An Overview of Innovation* (w:) *The Positive Sum Strategy*, eds R. Landau, N. Rosenberg, National Academy Press, Washington, s. 275–305.
- Kopaliński W. (1989), *Słownik wyrazów obcych i zwrotów obcojęzycznych*, Wiedza Powszechna, Warszawa.
- Kornai J. (1977), *Anti-Equilibrium*, PWN, Warszawa.
- Kotler P. (2000), *Marketing Management*, Prentice Hall International, New Jersey.
- Krafft J. (2007), *Telecommunications, the Internet and Mr Schumpeter* (w:) *Elgar Companion to Neo-Schumpeterian Economics*, eds H. Hanusch, A. Pyka, Edward Elgar, Cheltenham–Northampton, s. 621–632.
- Kwiatkowski E. (2002), *Bezrobocie. Podstawy teoretyczne*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Lancaster K. (1966), *A New Approach to Consumer Theory*, „Journal of Political Economy”, vol. 74, nr 2, s. 132–157.
- Landreth H., Colander D.C. (2008), *Historia myśli ekonomicznej*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Leoncini R. (2001), *Segmentation and Increasing Returns in the Evolutionary Dynamics of Competing Techniques*, „Metroeconomica”, vol. 52, nr 2, s. 217–237.
- Lesourne J. (2007), *Schumpeter's Influence on Game Theory* (w:) *Elgar Companion to Neo-Schumpeterian Economics*, eds H. Hanusch, A. Pyka, Edward Elgar, Cheltenham–Northampton, s. 1003–1009.
- Leyden D.P., Link A.N., Siegel D.S. (2014), *A Theoretical Analysis of the Role of Social Networks in Entrepreneurship*, „Research Policy”, vol. 43(7), s. 1157–1163.
- Lilien G.L., Morrison P.D., Searls K., Sonnack M., Hippel E. von (2002), *Performance Assessment of the Lead User Idea-generation Process for New Product Development*, „Management Science”, vol. 48, nr 8, s. 1042–1059.
- Lipieta A., Malawski A. (2016), *Price versus Quality Competition: In Search for Schumpeterian Evolution Mechanisms*, „Journal of Evolutionary Economics”, vol. 26, nr 5, s. 1137–1171.
- Madsen J., Islam Md.R., Ang J.B. (2010), *Catching Up to the Technology Frontier: The Dichotomy between Innovation and Imitation*, „Canadian Journal of Economics”, vol. 43, nr 4, s. 1389–1411.
- Mahajan V., Muller E., Bass F.M. (1990), *New Products Diffusion Models in Marketing: A Review and Direction for Research*, „Journal of Marketing”, vol. 54, nr 1, s. 1–54.
- Malawski A. (1999), *Metoda aksjomatyczna w ekonomii*, Ossolineum, Wrocław.
- Malawski A. (2005), *A Dynamical System Approach to the Arrow-Debreu Theory of General Equilibrium*, The 9th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics, Orlando, Florida, USA, vol. VII, s. 434–439.
- Malawski A., Woerter M. (2006), *Diversity Structure of the Schumpeterian Evolution. An Axiomatic Approach*, Arbeitspapiere/Working Papers of the Swiss Institute for Business Cycle Research, nr 153, October.
- Malerba F. (2007), *Innovation and the Evolution of Industries* (w:) *Innovation, Industrial Dynamics and Structural Transformation*, eds V. Cantner, F. Malerba, Springer, Leipzig, s. 7–27.

- Malerba F., Orsenigo L. (1995), *Schumpeterian Patterns of Innovation*, „Cambridge Journal of Economics”, vol. 19, nr 1, s. 47–65.
- Manning K., Bearden W., Madden T. (1995), *Consumer Innovativeness and the Adoption Process*, „Journal of Consumer Psychology”, vol. 4, nr 4, s. 329–345.
- McAnany E.G. (1984), *The Diffusion of Innovation: Why Does It Endure?* „Critical Studies in Mass Communication”, vol. 1, nr 4, s. 439–442.
- Metcalfe J.S. (2004), *Evolutionary Economics and Creative Destruction*, Routledge, London.
- Metcalfe J.S., Saviotti P.P. (1991), *Evolutionary Theories of Economic and Technological Change*, Harwood Academic Publishers, Philadelphia.
- Mukoyama T. (2003), *Innovation, Imitation, and Growth with Cumulative Technology*, „Journal of Monetary Economics”, vol. 50, s. 361–380.
- Nadolny M. (2011), *Podstawowe modele dyfuzji dóbr telekomunikacyjnych (w:) Wybrane modele matematyczne w ekonomii. Globalizacja i rozwój*, red. J. Łyko, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Wrocław, s. 70–108.
- Nelson R.R. (1995), *Recent Evolutionary Theorizing about Economic Change*, „Journal of Economic Literature”, vol. 33, nr 1, s. 48–90.
- Nelson R.R. (2013), *Demand, Supply, and Their Interaction on Markets, as Seen from the Perspective of Evolutionary Economic Theory*, „Journal of Evolutionary Economics”, vol. 23, nr 2, s. 17–38.
- Nelson R.R., Winter S. (1982), *An Evolutionary Theory of Economic Change*, The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge–London.
- Nelson R.R., Winter S. (2002), *Evolutionary Theorizing in Economics*, „Journal of Economic Perspective”, vol. 16, nr 2, s. 23–46.
- Neumann J. von (1955), *Mathematical Foundations of Quantum Mechanics*, University Press, Princeton.
- Niosi J. (2012), *Innovation and Development through Imitation (In Praise of Imitation)*, Presented to the meeting of the International Schumpeter Society Brisbane, Australia, July 2–5.
- Onatski A., Williams N. (2003), *Modelling Model Uncertainty*, Working Paper 9566, National Bureau of Economic Research, Cambridge.
- Pajestka J. (1981), *Czynniki i współzależności rozwoju społeczno-gospodarczego. 1. Determinanty postępu*, PWE, Warszawa.
- Perlman M. (2007), *Schumpeter's Views on Methodology: Their Source and Their Evolution (w:) Elgar Companion to Neo-Schumpeterian Economics*, eds H. Hanusch, A. Pyka, Edward Elgar, Cheltenham–Northampton, s. 27–54.
- Podręcznik Oslo. Zasady gromadzenia i interpretacji danych dotyczących innowacji* (2006), wyd. 3, OECD, Eurostat, Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, Departament Strategii i Rozwoju Nauki, Warszawa.
- Pietrasieński Z. (1970), *Ogólne i psychologiczne zagadnienia innowacji*, PWN, Warszawa.
- Pomykański A. (2001), *Innowacje*, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź.
- Radło M. (2003), *Wyzwanie konkurencyjności. Strategia Lizbońska w poszerzonej Unii Europejskiej*, Instytut Spraw Publicznych, Warszawa.
- Richiardi M. (2005), *Toward a Non-Equilibrium Unemployment Theory*, Working Paper nr 37, Laboratorio R. Revelli, Centre for Employment Studies, November 30.

- Rogers E.M. (1962), *Diffusion of Innovations*, The Free Press, New York.
- Rogers E.M. (2003), *Diffusion of Innovations*, 5th ed., The Free Press, New York.
- Rogers E.M., Shoemaker F.F. (1971), *Communication of Innovativeness*, The Free Press, New York.
- Romer D. (2000), *Makroekonomia dla zaawansowanych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Rothwell R., Zegveld W. (1985), *Reindustrialization and Technology*, Longman, Harlow.
- Saam N.J. (2005), *The Role of Consumers in Innovation Processes in Markets*, „Rationality and Society”, vol. 17, nr 3, s. 343–380.
- Samuelson P., Nordhaus W. (2004), *Ekonomia*, t. 1, PWN, Warszawa.
- Savage L.J. (1954), *Foundations of Statistics*, Wiley, New York.
- Saviotti P.P., Pyka A. (2004), *Economic Development by the Creation of New Sector*, „Journal of Evolutionary Economics”, vol. 14, nr 1, s. 1–35.
- Saviotti P.P., Pyka A. (2012), *On the Co-evolution of Innovation and Demand: Some Policy Implications*, „Revue de l'OFCE”, vol. 124, nr 5, s. 347–388.
- Schmookler J. (1966), *Invention and Economic Growth*, Harvard University Press, Cambridge.
- Schreier M., Prügl R. (2008), *Extending Lead-User Theory: Antecedents and Consequences of Consumers' Lead Userness*, „Journal of Product Innovation Management”, vol. 25, nr 4, s. 331–346.
- Schumpeter J.A. (1912), *Die Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung*, Duncker and Humblot, Leipzig.
- Schumpeter J.A. (1942), *Capitalism, Socialism and Democracy*, Harper, New York.
- Schumpeter J.A. (1950), *Capitalism, Socialism and Democracy*, 3th enlarged ed., Harper, New York.
- Schumpeter J.A. (1960), *Teoria rozwoju gospodarczego*, PWN, Warszawa.
- Schumpeter J.A. (1964), *Business Cycles: A Theoretical, Historical, and Statistical Analysis of the Capitalist Process*, McGraw-Hill, New York–London.
- Schumpeter J.A. (1995), *Kapitalizm, socjalizm i demokracja*, PWN, Warszawa.
- Sharafeddine R.I. (2015), *The Economic Power of Money Creation*, „Microeconomics and Macroeconomics”, vol. 3, nr 3, s. 67–81.
- Shimer R. (2003), *The Cyclical Behavior of Equilibrium Unemployment and Vacancies: Evidence and Theory*, Working Paper, nr 9536, NBER, Cambridge.
- Shionoya Y. (1997), *Schumpeter and the Idea of Social Science*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Shionoya Y. (2007), *Schumpeterian Universal Social Science (w:) Elgar Companion to Neo-Schumpeterian Economics*, eds H. Hanusch, A. Pyka, Edward Elgar, Cheltenham–Northampton, s. 55–64.
- Sibirskij K.S., Szube A.S. (1987), *Semidynamical Systems (Topological Theory)*, Sztinca, Kiszyniów.
- Silverberg G. (1991), *Adoption and Diffusion of Technology as a Collective Evolutionary Process (w:) Diffusion of Technologies and Social Behaviour*, eds A. Grubler, N. Nakicenovic, Springer-Verlag, Berlin, s. 11–22.
- Słownik języka polskiego* (1999), Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Some Thoughts on Definitions of Innovation* (1999), „The Innovation Journal”, November 20.

- Tarde G. (1890), *Les lois de l'imitation*, ed. F. Alcan, Paris.
- Tarde G. (1993), *Les lois de l'imitation. Presentation de Bruno Karsenti*, Editions Kimé, Paris.
- Vivarelli M. (2007), *Innovation and Employment* (w:) *Elgar Companion to Neo-Schumpeterian Economics*, eds H. Hanusch, A. Pyka, Edward Elgar, Cheltenham–Northampton.
- Wald A. (1936), *Über einige Gleichungssysteme der ökonomischen Wertlehre*, „Zeitschrift für Nationalökonomie”, vol. 7, nr 5, s. 637–670.
- Wald A. (1951), *On Some Systems of Equations of Mathematical Economics*, „Econometrica”, vol. 19, nr 4, s. 368–403.
- Walras L. (1874), *Elements d'Economie Politique Pure*, Corbaz, Lausanne.
- Webber R.A. (1996), *Zasady zarządzania organizacjami*, PWE, Warszawa.
- Wejnert B. (2002), *Integrating Models of Diffusion of Innovations: A Conceptual Framework*, „Annual Review of Sociology”, vol. 28, s. 297–326.
- Windrum P. (2007), *Innovation in Services* (w:) *Elgar Companion to Neo-Schumpeterian Economics, Elgar Companion to Neo-Schumpeterian Economics*, eds H. Hanusch, A. Pyka, Edward Elgar, Cheltenham–Northampton, s. 633–646.
- Windrum C., Birchenhall P. (2005), *Structural Change in the Presence of Network Externalities: a Co-evolutionary Model of Technological Succession*, „Journal of Evolutionary Economics”, vol. 15, nr 2, s. 123–148.
- Wiszniewski W. (1999), *Innowacyjność polskich przedsiębiorstw przemysłowych. Procesy dostosowawcze do polityki innowacyjnej Unii Europejskiej*, ORGMASZ, Warszawa.