

Zbigniew PIĄTEK *

TECHNOLOGICZNE SZOKI PODAŻOWE JAKO ŹRÓDŁO WAHAŃ KONIUNKTURALNYCH ORAZ MOŻLIWOŚCI SYMULOWANIA ICH WPLYWU Z UŻYCIEM MODELU RBC

Zarys treści: Innowacyjność stanowi jeden z kluczowych czynników długookresowego wzrostu gospodarczego. W artykule przedstawiono rozwój myśli ekonomicznej związanej z analizą skutków szoków podażowych, w szczególności spowodowanych pojawianiem się nowych technologii. Ponadto omówiono model RBC (Real Business-Cycle), w którym zaburzenia egzogeniczne stanowią główny czynnik zmian koniunkturalnych, a następnie przedstawiono możliwości jego wykorzystania do symulowania wpływu szoków podażowych na wskaźniki agregatowe. Publikacja zawiera też dyskusję dotyczącą tematyki cykli koniunkturalnych, w tym źródeł ich powstawania w kontekście różnych szkół ekonomicznych. W efekcie artykuł stanowi podstawę do analizy możliwego wpływu na gospodarkę wdrażania popularyzującej się obecnie koncepcji Industry 4.0.

Słowa kluczowe: technologia, koniunktura, zakłócenie, cykl, Industry 4.0.

Wprowadzenie

Postęp techniczny stanowi jeden z kluczowych czynników długookresowego wzrostu gospodarczego. Już Adam Smith w swoich „Badaniach nad i przyczynami bogactwa narodów” zwracał uwagę na „usprawnienia maszyn” oraz to, jak podział pracy sprzyja specjalizacji i odnoszeniu korzyści z wynalazków¹. Od tego czasu nastąpił ogromny rozwój przemysłu i technologii, co, jak można sądzić, wpłynęło nie tylko na wzrost możliwości w zakresie produkcji, ale też doprowadziło do przekształceń gospodarek i całych społeczeństw. Takie skutki miały przede wszystkim rewolucje przemysłowe. Dzisiaj, gdy w przemyśle popularyzuje się koncepcja

* Akademia Leona Koźmińskiego

¹ C. Freeman i L. Soete, *The Economics of Industrial Innovation*, MIT Press 1997, s. 2.

Industry 4.0, pytanie o wpływ innowacji technicznych na tempo rozwoju gospodarczego również staje się jednym z kluczowych.

Innowacyjność i jej transformacyjne skutki obserwować można również w mniejszej skali, tj. ograniczonej do sektorów rynku czy gałęzi gospodarki. Autorzy opisujący zachodzące procesy, zarówno w przypadku literatury popularnej, jak też naukowej, często posługują się tu mianem „zakłóceń” (disruptions), a także przywołują dorobek Josepha Schumpetera, austriackiego ekonomisty znanego m.in. z prac nad rolą przedsiębiorców w kreowaniu rozwoju². Tematyka cykliczności koniunktury jest jednak zagadnieniem zdecydowanie bardziej złożonym i stanowi jeden z fundamentalnych obszarów odróżniających główne teorie (szkoły) ekonomiczne.

W niniejszej pracy autor odwołuje się do tezy, zgodnie z którą szoki technologiczne mają istotny oraz wieloaspektowy wpływ na gospodarkę. Zmieniają one nie tylko produktywność, ale też zatrudnienie, poziom inwestycji, PKB i inne wskaźniki agregatowe.

Na początku pracy przedstawiono tematykę cykli koniunkturalnych, zarysowując najważniejsze teorie objaśniające ich powstawanie. Następnie skrótowo omówiono myśli austriackiej szkoły ekonomii, a także rozwój prac ekonomistów krytykujących keynesizm – w szczególności Roberta Lucasa. Całość stanowi wprowadzenie do przedstawianej teorii i modelu realnego cyklu koniunkturalnego (RBC, Real Business Cycle), w którym egzogeniczne zaburzenia technologiczne stanowią kluczowy czynnik zmian koniunkturalnych. Przedstawiając model, autor omawia możliwe reakcje na zaburzenia, następnie odnosi się do kwestii poprawności modelu, tj. zgodności uzyskiwanych wyników z rzeczywistymi danymi makroekonomicznymi. W przedostatnim rozdziale zawarto informacje dotyczące wpływu szoków technologicznych spowodowanych przez wdrażanie rozwiązań Industy 4.0 na wskaźniki agregatowe. Przedstawiona analiza historyczna stanowić może punkt wyjścia do przyszłych badań symulacyjnych w tym zakresie. Pracę kończy zaprezentowanie krytyki modelu oraz podsumowanie.

² A. Jędruchniewicz, *Cykl koniunkturalny w teorii szkoły austriackiej*, Studia i Prace kolegium Zarządzania i Finansów SGH, t. 122, 2012, s. 38.

Cykle koniunkturalne i czynniki zakłócające

Cykle koniunkturalne, czyli okresowe zmiany poziomu aktywności gospodarczej, stanowią immanentną część rozwoju gospodarki. Na ich przebieg składają się, zależnie od przyjętego modelu teoretycznego, cztery powtarzające się fazy (kryzys, depresja, ożywienie, rozkwit), ewentualnie dwie fazy (recesja i ekspansja). Zmiany te powodowane są różnymi przyczynami i są w praktyce trudne do przewidywania. Fluktuacje dotyczą wszystkich głównych agregatów makroekonomicznych, choć najczęściej wskazywanymi są tutaj zmiany PKB.

Można zauważyć, że okresowe wahania oscylują nieregularnie wokół trendu. Odchylenia te określa się względem trendu liniowego, ew. względem trendu wyznaczonego za pomocą filtra Hodricka-Prescotta³, tak jak przedstawiono to na rys. 1 i 2. Opis trendów oraz cykli koniunkturalnych znaleźć można w publikacjach z dziedziny ekonomii⁴.

Ze względu na dużą nieregularność zmian zaniechano starań o wyodrębnianie regularnych cykli, takich jak cykle Kitchina, Juglara, Kuzneta i Kondratiewa, natomiast rozpowszechniony jest pogląd, że gospodarka podlega różnego rodzaju czynnikom zakłócających⁵. Skupiając się na okresie po II Wojnie Światowej, można zauważyć, że mamy do czynienia zarówno ingerencjami państw w sferę ekonomiczną, inwestycjami w zbrojenia, jak też szeregiem zmian o charakterze przemysłowym i technologicznym. Skutkowały one nie tylko wysokim poziomem wzrostu gospodarczego licznych krajów, ale też zmniejszyły wcześniej obserwowaną amplitudę wahań wokół trendu⁶. Skróceniu uległy również okresy cykli gospodarczych – z 8-10-letnich do 3-4-letnich, które związane były m.in. z wahaniami zapasów. Do tego doszły czynniki o znaczeniu międzynarodowym – przykładowo inwestycje dokonywane przez korporacje, zmiany w polityce handlowej i inne, które można zaliczyć do czynników o istotnym znaczeniu dla omawianej tematyki.

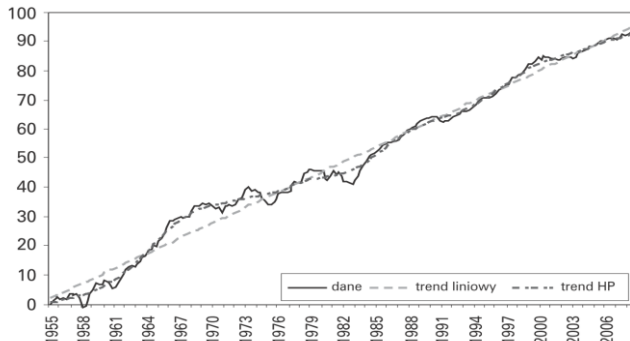
³ R. J. Hodrick i E. C. Prescott, *Postwar US business cycles: an empirical investigation*, „Journal of Money, credit, and Banking”, 1997, s. 1-16.

⁴ D. Begg et al., *Makroekonomia*, PWE, Warszawa, 2007, s. 364; M. Nasilowski, *System rynkowy: podstawy mikro- i makroekonomii*, Wydawnictwo Key Text, Warszawa 1998, s. 278; N. G. Mankiw i M. P. Taylor, *Makroekonomia*, PWE, Warszawa 2009, s. 301.

⁵ D. Romer, *Makroekonomia dla zaawansowanych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2000, s. 171.

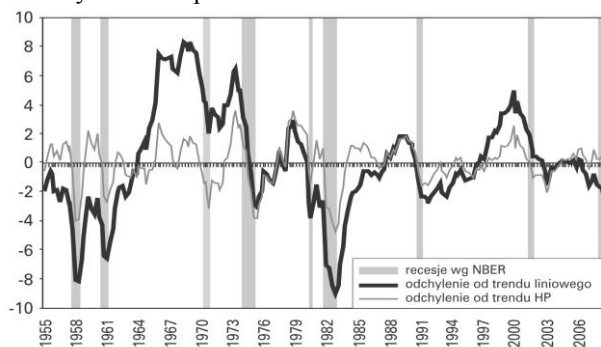
⁶ M. Nasilowski, *System rynkowy: podstawy mikro- i makroekonomii*, Wydawnictwo Key Text, Warszawa 1998, s. 282.

Rysunek 1. Ścieżka wzrostu realnego PKB per capita w USA; szereg wyrażony jako stukrotność logarytmu naturalnego i znormalizowany do zera dla 1. kwartału 1955 roku



Źródło: M. Kolasa, *Teoria realnego cyklu koniunkturalnego*, Studia i Prace Kolegium Zarządzania i Finansów SGH, t. 119, 2012, s. 94.

Rysunek 2. Cykliczny komponent realnego PKB per capita w USA; odchylenia od trendu wyrażono w procentach



Źródło: M. Kolasa, *Teoria realnego cyklu koniunkturalnego*, Studia i Prace Kolegium Zarządzania i Finansów SGH, t. 119, 2012, s. 94.

W przypadku krótkookresowych wahań w gospodarce ekonomiści typowo stosują model zagregowanego popytu i zagregowanej podaży. Pozwala on, poprzez opis zawartych w nim krzywych oraz ich przesunięć, wyjaśnić zmiany (fluktuacje) występujące na skutek inwestycji, zmian w trendach w konsumpcji czy eksporcie. Obszerny opis znaleźć można w literaturze⁷, natomiast należy tutaj zwrócić uwagę na różnice w postrzeganiu tych wahań przez dwie szkoły ekonomiczne (tabela 1).

⁷ N. G. Mankiw i M. P. Taylor, *Makroekonomia...*, op. cit., s. 305-333.

Tabela 1. Wahania cykliczne w świetle dwóch szkół (teorii) ekonomicznych

	Ekonomia neoklasyczna	Ekonomia keynesowska
Stan równowagi	Równowaga to cecha immanentna	Immanentna jest nierównowaga
Zakłócenia równowagi	Czynniki egzogeniczne, z zewnątrz systemu	Czynniki endogeniczne, z wewnątrz systemu
Przywracanie równowagi	Automatyczne, istnieje mechanizm oparty o elastyczne ceny, które przywracają równowagę	Ceny oraz płace są w krótkim okresie nieelastyczne, przez co mechanizm rynkowy przywraca równowagę niekompletnie

Zródło: opracowanie własne.

Istnieje szereg objaśnień powodów i przebiegu wahań cyklicznych, przy czym tradycyjnie dzieli się je na egzo- i endogeniczne⁸. Do najwcześniejszych należą te dotyczące zmian w produkcji rolniczej (w tym teoria plam na Słońcu), a także koncepcja politycznego cyklu koniunkturalnego, a więc zależność polityki pieniężnej i fiskalnej a okresem pomiędzy wyborami⁹. Inną z teorii jest ta związana z wahaniami eksportu netto, czyli de facto handlem zagranicznym, a także wahaniami popytu wewnętrznego – związanego m.in. z wydatkami inwestycyjnymi. W tym zakresie wyjaśnienie cykliczności zapewnia model mnożnika-akceleratora, gdzie „przedsiębiorstwa oceniają przyszłą wielkość produkcji i zysków przez ekstrapolację dotychczasowego wzrostu produkcji”¹⁰. Jeżeli zaś chodzi o objaśnienia endogeniczne, to należy tutaj wskazać m.in.: teorię podkonsumpcji Malthousa oraz teorie pieniężne.

Z punktu widzenia tematyki bieżącej pracy kluczowym objaśnieniem, które propagował Schumpeter, jest to związane z postępowaniem technicznym. Opracowanie nowej technologii produkcji oraz jej wdrożenie może stworzyć impuls o potencjale do wyprowadzenia gospodarki ze stanu równowagi. Zmiana ta zależy nie tylko od samej technologii, ale też m.in. od efektów transmisji – przeniesienia skutków wstrząsu na gospodarkę oraz ich utrwalenia.

Wstrząsy technologiczne powodują zmiany wielkości produktu wytworzonego z danej ilości nakładów¹¹. Kluczowym aspektem, który odróżnia je od zmian polityki monetarnej, jest ich stochastyczny charakter. Wynika on z samego charakteru tego typu inwestycji – funkcja zwrotu jest nieliniowa jako że nie można mieć pewności co do powstania nowej technologii, ani jej rzeczywistych efektów. Przykładami pozytywnych szoków technologicznych były rewolucje przemysłowe, zaś negatywnych – m.in. kryzys naftowy.

⁸ A. Jędruchiewicz, op. cit., s. 38.

⁹ D. Begg et al., op. cit., s. 365.

¹⁰ Ibidem, s. 367.

¹¹ D. Romer, op. cit., s. 174.

Austriacka teoria cyklu ekonomicznego

Szkoła austriacka, choć pozostaje ona poza głównym nurtem ekonomii, miała istotny wkład w omawianą tematykę. Jej przedstawiciele, tacy jak Carl Menger, Eugen von Böhm-Bawerk, Ludwig von Mises czy Friedrich von Hayek różnili się w paradygmacie i wykorzystywanych metodach od ekonomistów neoklasycznych. Odrzucali oni modelowanie matematyczne, stawiając na pewne istotne, samooczywiste prawdy ekonomiczne i subiektywizm metodologiczny. Wspomniani ekonomiści (tj. von Mises i von Hayek) sformułowali podstawy tzw. austriackiej teorii cyklu koniunkturalnego, w przypadku której głównym źródłem wahań cyklicznych były działania banku centralnego¹². Przyczyniały się one do nadmiernych inwestycji w fazie ekspansji, co powodowało niewłaściwą alokację kapitału. Skutkiem błędnych decyzji była późniejsza kontrakcja i recesja w gospodarce, a w efekcie kryzys. Wraz z rozwojem monetaryzmu teorie te zostały w drugiej połowie XX wieku zmarginalizowane lub odrzucone¹³.

Joseph Schumpeter, choć nie jest formalnie zaliczany do przedstawicieli szkoły austriackiej – m.in. ze względu na jego poglądy dotyczące marksizmu¹⁴, pozostaje w kontekście innowacyjnych przemian jedną z najczęściej wymienianych postaci. Schumpeter postulował kluczową rolę przedsiębiorcy w rozwoju gospodarczym społeczeństwa¹⁵, wprowadził on do ekonomii pojęcie innowacji¹⁶ i zaproponował wyjaśnienie wahań cyklicznych właśnie ich powstawaniem. Jego zdaniem źródło wzrostu gospodarczego jest endogeniczne – przedsiębiorca wprowadza nowe technologie czy innowacyjne produkty „z własnej inicjatywy”. Dalsza popularyzacja nowej metody wytwarzania wynika już z mechanizmu naśladowania przez innych uczestników rynku, zaś powstający wśród inwestorów optymizm przyczynia się do ekspansji gospodarczej i stanu dobrej koniunktury.

Opisywany schemat ma też dalsze elementy. Z czasem strumień innowacji ulega wyczerpaniu, zaś ekspansja kończy się. „Nowe metody produkcji

¹² A. Jędruchniewicz, op. cit., s. 44.

¹³ M. Friedman, *The “plucking mod el” of business fluctuations revisited*, „Economic Inquiry”, t. 31, nr 2, 1993, s. 171-177.

¹⁴ S. Kluz, *Joseph Schumpeter a szkoła austriacka*, 2010, <https://mises.pl/blog/2010/06/09/s-kluz-joseph-schumpeter-a-szkola-austriacka/> (1.09.2018).

¹⁵ M. Nasiłowski, *Historia myśli ekonomicznej*, Wydawnictwo Key Text, Warszawa 1998, s. 79; R.R. Nelson i S.G. Winter, *An evolutionary theory of economic change*, Belknap Press of Harvard University Press 1982, s. 278-281.

¹⁶ A. Wallis, *Innowacyjność narzędziem kształtowania przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstwa XXI wieku*, Zeszyty Naukowe Wydziału Nauk Ekonomicznych Politechniki Koszalińskiej, t. 1, nr 20, 2016, s. 312.

i struktura kosztów zmuszają przedsiębiorstwa do dostosowania się do nowej sytuacji”¹⁷. Prowadzić to może do kryzysu, który określany jest często mianem *twórczej destrukcji* – z rynku eliminowane są najsłabsze podmioty, które nie nadążają za innowacjami i konkurencyjnością. „Podstawową rzeczywistością kapitalizmu i materialną przyczyną fluktuacji ekonomicznych jest inwazja do systemu ekonomicznego nowych funkcji produkcji wnoszonych przez założone w tym celu nowe firmy, podczas gdy firmy stare przez jakiś czas działają po staremu, a później adaptują się do nowej rzeczywistości pod wpływem konkurencji ze strony obniżających się krzywych kosztów”¹⁸. W tym wszystkim w centrum zainteresowania niezmiennie pozostaje „schumpeterowski przedsiębiorca”, którego inicjatywa jest praprzyczyną omawianych zmian.

Hipoteza racjonalnych oczekiwań

Okres po II Wojnie Światowej był czasem optymizmu i szybkiego rozwoju. Następowala odbudowa gospodarek, zaś wiele wynalazków opracowanych na potrzeby wojskowe trafiało do zastosowań cywilnych. W obszarze ekonomii Robert Solow i Trevor Swan rozwinęli egzogeniczny model wzrostu, który stanowi jeden z głównych modeli nurtu neoklasycznego. Zaproponowali oni m.in. uzależnienie wielkości produkcji od ilości zużywanych jej czynników, przy czym pracę mógł zastępować kapitał. Do tego ostatniego zaliczono również inwestycje w obniżanie kosztów produkcji dzięki mechanizacji, co pozwoliło „włączyć do równania” również postęp technologiczny.

Pozytywna sytuacja na rynku zmieniła się w latach 70., gdy do gospodarek wróciły fluktuacje, w szczególności związane z kryzysem naftowym. Jest on zaliczany do negatywnych szoków technologicznych, zaś recesja z lat 1973-1975 oraz stagflacja spowodowały poszukiwanie innych metod prowadzenia polityki gospodarczej, niż te bazujące na keynesizmie.

W owym okresie w obszarze nauk ekonomicznych ważnymi pracami były te autorstwa Roberta Lucasa, w szczególności jego krytyka wykorzystywanych wcześniej modeli makroekonomicznych¹⁹. Ekonomista poddawał w wątpliwość m.in. zasadność koncepcji krzywej Philipsa oraz keynesowskiej krzywej popytu. Przypisuje mu się również rozpropagowanie hipotezy racjonalnych oczekiwań w modelach makroekonomicznych, która została wysunięta przez

¹⁷ S. Mikosik, *Teoria rozwoju gospodarczego Josepha A. Schumpetera*, Wydawnictwo Naukowe PWN 1993, s. 101-103.

¹⁸ A. Glapiński, *Schumpeterowska teoria przedsiębiorcy, czyli skąd się bierze pies*, „Konsumpcja i Rozwój”, t. 1, nr 2, 2012, s. 5.

¹⁹ R. E. Lucas, *Econometric Policy Evaluation: A Critique*, „Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy”, t. 1(1), 1976, s. 19-46.

Johna Mutha²⁰. Zgodnie z nią podmioty gospodarcze zachowują się racjonalnie, dążąc do maksymalizacji użyteczności w danych warunkach, tj. mając dane o czynnikach wpływających na zjawiska gospodarcze i oczekując określonej polityki w przyszłości. W tym kontekście występuje równowaga, która jest zakłócana nieprzewidywanymi zdarzeniami o charakterze losowym. Z kolei w teorii realnego cyklu koniunkturalnego – o którym w kolejnym rozdziale – analizowane są faktyczne zmiany produkcji.

Koncepcje Lucasa znalazły się na początku lat 80. zeszłego wieku w impasie, głównie z powodu przedłużającej się i trudnej do wyjaśnienia za ich pomocą recesji. Dodatkowo wyniki testów empirycznych, które przeprowadzili m.in. Nelson i Plosser, przemawiały wyraźnie za odrzuceniem hipotezy jakoby szok monetarne były przyczyną wahań w realnej gospodarce²¹.

Teoria realnego cyklu koniunkturalnego

Omówione w poprzednim rozdziale tematy stanowią wprowadzenie do prac Finna Kydlanda oraz Edwarda Prescottta²². Rozwinęli oni teorię dynamiki makroekonomicznej w zakresie niespójności polityki ekonomicznej w czasie oraz teorię realnego cyklu koniunkturalnego (Real Business-Cycle, RBC). Ta ostatnia zaliczana jest do ekonomii głównego nurtu i nawiązuje do modelu klasycznego. Zakłada ona, że źródłem cykli koniunkturalnych są szok o charakterze realnym, takie jak innowacje technologiczne (zmiany produkcji w danych okresach) czy też zmiany inwestycji rządowych.

„Modele RBC to w gruncie rzeczy neoklasyczne modele wzrostu gospodarczego oparte na założeniach nowej klasycznej makroekonomii. Utrzymane i rozwinięte zostały mechanizmy transmisji występujące w poprzednich modelach nowoklasycznych²³. Aby wyjaśnić zmiany w rzeczywistym zagregowanym popycie i podaży, a w efekcie powstawanie fluktuacji gospodarczych, ekonomiści wskazują tutaj dwa źródła wymienione wcześniej źródła. Opracowanie nowej, znaczącej technologii produkcyjnej ma dwojaki wpływ na gospodarkę: zwiększa podaż towarów i usług (zmienia funkcję produkcji, pozwalając na zwiększenie produkcji, co przesuwa również

²⁰ J. F. Muth, *Rational expectations and the theory of price movements*, „Econometrica: Journal of the Econometric Society”, 1961, s. 315-335.

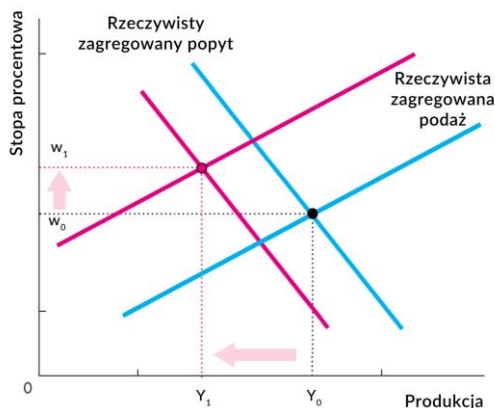
²¹ J. Gazda, *Wahania koniunkturalne w świetle teorii neoklasycznych (w:) Teoretyczne aspekty gospodarowania*, red. D. Kopycińska, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin 2005, s. 72.

²² F. E. Kydland i E. C. Prescott, *Time to build and aggregate fluctuations*, „Econometrica: Journal of the Econometric Society”, 1982, s. 1345-1370.

²³ J. Gazda, op. cit., s. 73.

zagregowaną krzywą podaży), a także zwiększa popyt na towary, co z kolei przesuwa zagregowaną krzywą popytu w prawo. W przypadku szoku negatywnego zmiana następują w przeciwną stronę (tak jak na rys. 3), przy czym mechanizm jest analogiczny.

Rysunek 3. Przykład wpływu negatywnego szoku technologicznego na wielkości zagregowanej podaży i popytu; w prezentowanym przypadku krzywa popytu przesuwa się w mniejszym stopniu, niż podaży



Źródło: opracowanie własne.

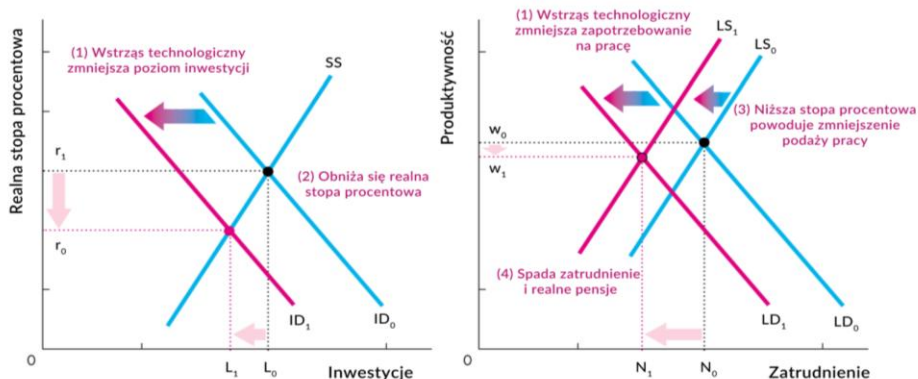
O ile we wcześniej stosowanych modelach cyklu koniunkturalnego ustalana była podaż pracy, co determinowało poziom zatrudnienia, o tyle w przypadku RBC podaż pracy zależy od zachęt, które otrzymują pracownicy. Ci ostatni podejmują decyzje racjonalnie i, będąc dobrze wynagradzanymi, mogą pracować więcej godzin. Innymi słowy – jeżeli płaca jest tymczasowo wysoka (lub stopa procentowa jest wysoka), to jest to „dobry” czas na pracę – w przeciwnym przypadku pracownicy są bardziej skłonni do odpoczynku, czyli krótszej pracy. Zjawisko to określane jest międzyokresową substytucją pracy i w ramach teorii RBC stanowi element wyjaśniający fluktuacje zatrudnienia oraz produkcji²⁴.

Mechanizm realnego cyklu koniunkturalnego jest następujący: Jeżeli w gospodarce następuje wstrząs podażowy (w tym przypadku technologiczny), to ma również miejsce zmiana produktywności, co wiąże się z poziomem inwestycji i zapotrzebowania na pracę. Przykładowo podczas recesji obydwa wskaźniki maleją, dodatkowo zmniejszanie się inwestycji powoduje obniżenie

²⁴ P. Mehta, *Theory of Real Business Cycles and Economic Fluctuation*, 2015, <http://www.economicdiscussion.net/business-cycles/theory-of-real-business-cycles-and-economic-fluctuation-2/11691> (10.10.2018).

się realnej stopy procentowej, a w efekcie – na skutek międzyokresowej substytucji pracy – również zmianę podaży pracy. Stopa procentowa wpływa na bieżącą atrakcyjność pracy – im jest ona niższa, tym mniejsza podaż pracy i mniejsza wartość produkcji. W rezultacie krzywa zagregowanej podaży przesuwana się w lewo i zmniejsza się zatrudnienie. Krzywa zagregowanego popytu przesuwana się w lewo ze względu na malejące inwestycje. Ostatecznie PKB ulega zmniejszeniu i spada poziom cen. W analogiczny sposób można przeprowadzić rozumowanie dla wstrząsu o przeciwnym charakterze.

Rysunek 4. Przykład wpływu negatywnego szoku technologicznego na wielkości: realna stopa procentowa – inwestycje oraz produktywność – zatrudnienie



Źródło: opracowanie własne na podstawie P. Mehta, *Theory of Real Business Cycles and Economic Fluctuation*, 2015, <http://www.economicdiscussion.net/business-cycles/theory-of-real-business-cycles-and-economic-fluctuation-2/11691>.

Teoria RBC wyjaśnia istnienie cykli koniunkturalnych jako wahań samej produkcji potencjalnej²⁵. „Zmiany produkcji i zatrudnienia są wynikiem optymalnych reakcji racjonalnych podmiotów gospodarczych na zmiany warunków działania, zwłaszcza zmiany technologiczne”²⁶. Jest to przeciwne niż dla ekonomii keynesowskiej, gdzie istotne są zmiany wielkości nominalnych, które mogą – zdaniem keynesistów – wywoływać efekty realne. „W przypadku modeli RBC pieniądź jest neutralny, tym samym polityka pieniężna nie wpływa na zmienne realne. Najistotniejsze zmiany w stosunku do koncepcji Lucasa dotyczą mechanizmu impulsów, zastąpiono wstrząsy pieniężne wstrząsami realnymi”²⁷.

²⁵ D. Begg et al., op. cit., s. 272.

²⁶ J. Godłów-Legiędź, *Monetaryzm i nowa ekonomia klasyczna*, 2009, http://legiedz.com/jgl/_materialy/monetaryzm_friedman_blog.pdf (25.08.2018).

²⁷ J. Gazda, op. cit., s. 75.

Aparat matematyczny wykorzystany w modelu RBC został przedstawiony w literaturze przedmiotu²⁸ oraz publikacjach naukowych²⁹. Autor nie omawia go ze względu na obszerność tematyczną, natomiast należy zaznaczyć, że model wymaga kalibracji, która opiera się na wyborze wartości parametrów na podstawie dowodów o charakterze empirycznym³⁰.

Reakcja na zaburzenia technologiczne w czasie

Na rys. 5 przedstawiono reakcję gospodarki na stochastyczne wstrząsy technologiczne. W przypadku wariantu bazowego (inercyjność technologii wynosi $r = 0,9758$; sytuacja a) gospodarka doświadcza okresu wysokiej produktywności, który jest przejściowy, ale dosyć długi. Impuls ten, dzięki wzrostowi inwestycji, ulega wzmocnieniu, co objawia się dużym wzrostem produktywności. Ujemny poziom stopy procentowej związany jest z akumulacją kapitału, która zwiększa jego zyskowność. Wraz z wygasaniem impulsu, wygasa również oddziaływanie poszczególnych mechanizmów, zaś w dalszej fazie gospodarka wraca do stanu stacjonarnego (dekumulacja kapitału, spadek inwestycji). Obserwować przy tym można dużą inercyjność procesu.

W przypadku gdy zaburzenie technologiczne nie jest przejściowe, a stałe ($r = 1$; sytuacja b), większość komponentów osiąga nowy, stały stan stacjonarny, przy czym proces przebiega stopniowo. Gdy zaburzenie nie ma inercyjności ($r = 0$; sytuacja c), co należy interpretować jako jego występowanie tylko w jednym okresie, po zaburzeniu następuje powrót wysokich nakładów pracy i inwestycji do poziomu sprzed zaburzenia.

Wnioskiem z powyższej analizy jest to, że standardowy model RBC nie ma wewnętrznych mechanizmów propagacyjnych, zaś różnorodność ścieżek zmiennych o różnej inercyjności wynika ze zmian inercyjności samego procesu produktywności (trwałości zaburzenia). Drugie ze spostrzeżeń to: im bardziej długotrwała występująca zmiana technologiczna, tym większa zmiana konsumpcji, a słabsza inwestycji i nakładów pracy.

²⁸ D. Romer, op. cit., s. 176-216.

²⁹ M. Kolasa, *Teoria realnego cyklu koniunkturalnego*, Studia i Prace Kolegium Zarządzania i Finansów SGH, t. 119, 2012, s. 98.

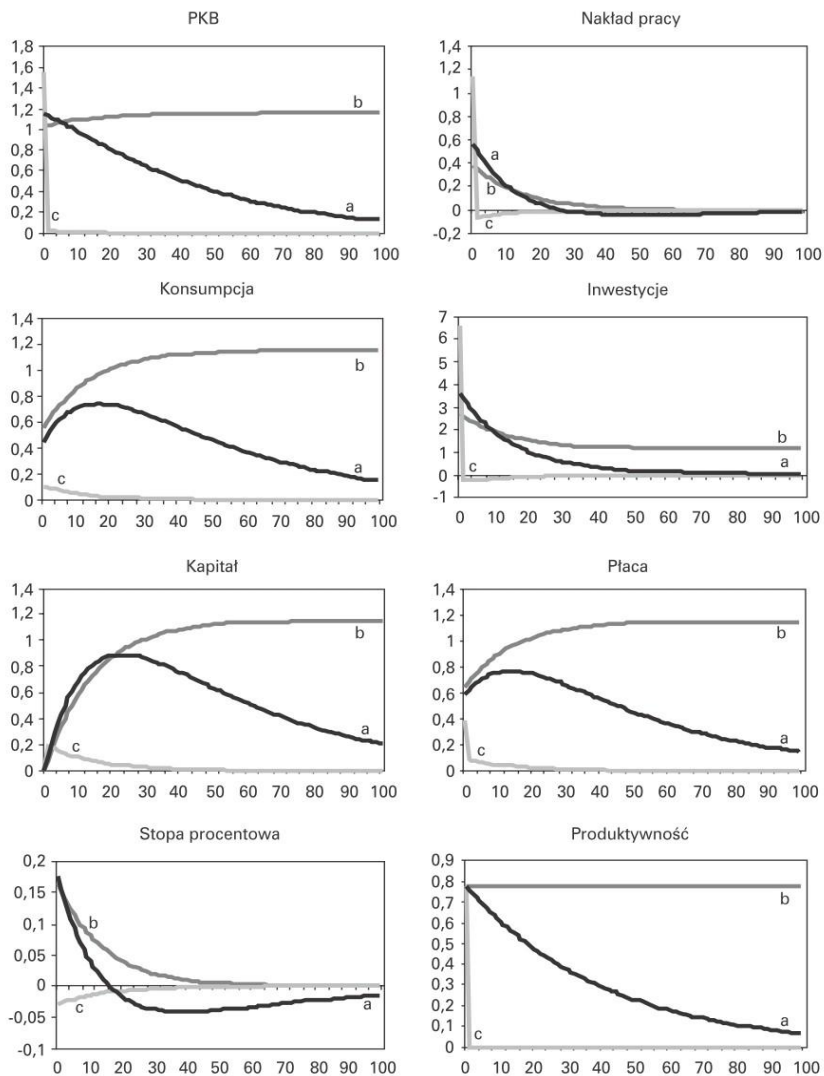
³⁰ J. Godłów-Legiędz, op. cit., s. 205.

Rysunek 5. Reakcja na zaburzenie technologiczne zgodnie z modelem RBC; wszystkie zmienne wyrażono jako procentowe odchylenie od początkowego stanu stacjonarnego (w przypadku $r = 1$); jednostka czasu to kwartał; oznaczenia:

a – wariant bazowy ($r = 0,9758$),

b – bardzo wysoka inercja zaburzenia technologicznego ($r = 1$),

c – zerowa inercja zaburzenia technologicznego ($r = 0$).

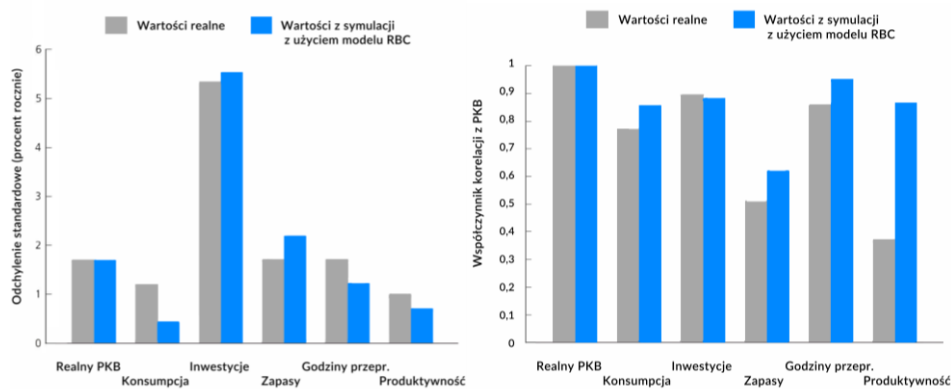


Źródło: M. Kolasa, *Teoria realnego cyklu koniunkturalnego*, Studia i Prace Kolegium Zarządzania i Finansów SGH, t. 119, 2012, s. 112.

Zgodność wyników symulacji z danymi empirycznymi

W celu oceny możliwości stosowania omawianego modelu i jakości otrzymywanych dzięki niemu rezultatów, należy porównać momenty implikowane przez model z tymi uzyskiwanymi dla rzeczywistych danych. Do „klasycznych” prac badawczych z powyższego zakresu należą te autorstwa Edwarda Prescottta³¹, który w połowie lat 80. zeszłego wieku dokonał kalibracji jednego z modeli RBC, a następnie wykorzystał go do symulacji sześciu zmiennych makroekonomicznych dla gospodarki USA po II Wojnie Światowej. Uzyskane wyniki są w przypadku odchyień standardowych bardzo zbliżone do rzeczywistych danych gospodarczych, podobnie ma się rzecz z korelacjami (oprócz produktywności). Zestawienia znajdują się na rys. 6, zaś komentarz ich dotyczący prezentują Abel oraz Bernanke³².

Rysunek 6. Wartości realne i uzyskane z symulacji z użyciem modelu RBC (kalibracja Prescottta) dla gospodarki USA po II Wojnie Światowej



Źródło: opracowanie własne na podstawie A.B. Abel, B.S. Bernanke, i D. Croushore, *Macroeconomics*, Pearson Education, 2008, s. 365-366.

Powyższe badania omawiane są również we współczesnych pracach naukowych³³. Wyniki przedstawiono w tabeli 2, przy czym należy zaznaczyć, że ich autor stosuje inną terminologię niż ta z wykresów. „Podobnie jak w przypadku rzeczywistych szeregów czasowych, inwestycje są zdecydowanie bardziej wahliwe niż PKB, a wydatki konsumpcyjne zdecydowanie mniej

³¹ E. C. Prescott, *Theory ahead of business-cycle measurement*, „Carnegie-Rochester conference series on public policy”, 1986, t. 25, s. 11-44.

³² A. B. Abel, B. S. Bernanke, i D. Croushore, *Macroeconomics*, Pearson Education, 2008, s. 365-367.

³³ M. Kolasa, op. cit., s. 113.

wahliwe. Ponadto, model dosyć dobrze odwzorowuje zmienność kapitału i płac realnych, niedoszacowuje natomiast zmienność nakładu pracy oraz realnej stopy procentowej³⁴. Autor cytatu zwraca również uwagę, że klasyczne prace Prescottta wskazują, że model wyjaśnia około 75% zmienności produktu.

Tabela 2. Dopasowanie modelu do danych historycznych

Zmienna	Odchylenie st.		Autokorelacja		Korelacja z PKB	
	Dane	Model	Dane	Model	Dane	Model
PKB	1,50	1,51	0,84	0,72	1,00	1,00
Konsumpcja prywatna	1,18	0,66	0,85	0,79	0,86	0,93
Inwestycje	4,14	4,69	0,90	0,71	0,90	0,98
Godziny przepracowane	1,26	0,73	0,87	0,71	0,86	0,96
Kapitał	0,54	0,48	0,95	0,96	0,07	0,40
Płace	0,78	0,81	0,80	0,77	0,10	0,97
Stopa procentowa	1,24	0,23	0,74	0,71	0,49	0,94

Źródło: M. Kolasa, *Teoria realnego cyklu koniunkturalnego*, Studia i Prace Kolegium Zarządzania i Finansów SGH, t. 119, 2012, s. 144.

Reszta Solowa i krytyka modelu RBC

Solow twierdził, że „wpływ postępu technologicznego na gospodarkę jest bezpośrednio niemierzalny, ale może być oznaczony pośrednio jako niewytłumaczony w inny sposób wzrost gospodarczy”³⁵. Te miary pośrednie wykorzystywane są do określania produktywności i stanowią tzw. wartości rezydualne Solowa. Pozwalają one na „empiryczne oszacowanie tej części produktu, która nie jest wyjaśniona nakładami pracy i kapitału”³⁶. Zagadnienie to omawiane jest w licznych podręcznikach i publikacjach³⁷.

³⁴ Ibidem, s. 114.

³⁵ S. Truskolaski, *Egzogeniczność mierników szoków technologicznych na przykładzie Polski w latach 2005-2009*, „Gospodarka Narodowa”, nr 5-6, 2010, s. 61-72.

³⁶ M. Kolasa, op. cit., s. 107.

³⁷ A. B. Abel, B. S. Bernanke, i D. Croushore, *Macroeconomics...*, op. cit., s. 367-371; R. M. Solow, *Technical change and the aggregate production function*, „The review of Economics and Statistics”, t. 39, nr 3, 1957, s. 312-320.

Teoria RBC podlegała krytyce dotyczącej poprawności uzyskiwanych wyników i samego modelu. Korzystający z różnych metod badacze³⁸ stwierdzili, że pozytywne szoki technologiczne wydawały się prowadzić do zmniejszenia produktywności lub jej zmniejszenia po tymczasowym zwiększeniu się. Z kolei wyniki badań przedstawione w innych pracach³⁹ sugerowały, że szoki technologiczne mogą prowadzić do rezultatów w zakresie produktywności, inwestycji czy konsumpcji innych, niż te oczekiwane w teorii cykli koniunkturalnych.

Zdaniem Romera⁴⁰ wielu makroekonomistów uważa, że „wstrząsy technologiczne i mechanizmy transmisji w modelach RBC nie mają większego znaczenia w zastosowaniu do faktycznych fluktuacji, a zasadnicze znaczenie mają zakłócenia nominalne i niepełne dostosowanie się nominalnych cen i płac do tych zakłóceń”. Intuicyjnym stwierdzeniem wydaje się to jakoby zmiany technologiczne były tylko jednymi w wielu czynników zakłócających – do innych zaliczyć można np. wojny i ich skutki. W związku z tym, mówiąc o teorii cykli gospodarczych, należy brać pod uwagę różnorodne szoki mające wpływ na gospodarkę⁴¹.

W teoriach RBC istnieją również istotne luki – m.in. empirycznie wątpliwa może być istotność mechanizmów tymczasowej substytucji, które tłumaczyłyby duże zmiany w zatrudnieniu⁴². Teoria RBC zakłada również, że płace i ceny szybko dostosowują się od zmieniających się warunków (są bardzo elastyczne). Jest to przeciwne do poglądów keynesistów, którzy wskazują na ich „lepkość”, a więc wolną reakcję na zmiany.

Dodatkowo teoria RBC może niewystarczająco tłumaczyć zmiany w okresach recesji, które de facto powinny wiązać się z technologicznym regresem⁴³. Z drugiej strony, o czym mówią zwolennicy RBC, omawiany model w wielu przypadkach trafnie symuluje zmiany agregatów gospodarczych, a także zapewnia spójność z praktyką na poziomie mikroekonomicznym.

³⁸ J. Shea, *What Do Technology Shocks Do?*, „NBER Macroeconomics Annual”, 1998, t. 13, s. 275-310; S. Basu, J. G. Fernald, i M. S. Kimball, *Are Technology Improvements Contractionary?*, „American Economic Review”, 2006, s. 1418-1448.

³⁹ F. Neville i V.A. Ramey, *Is the technology-driven real business cycle hypothesis dead? Shocks and aggregate fluctuations revisited*, „Journal of Monetary Economics”, 2005.

⁴⁰ D. Romer, op. cit., s. 175.

⁴¹ A. B. Abel, B. S. Bernanke, i D. Croushore, op. cit., s. 370.

⁴² G. Ascari, *Real Business Cycle Theory*, 2009, http://economia.unipv.it/pagp/pagine_personali/gascari/slides_rbc_distrib.pdf (4.09.2018).

⁴³ Ibidem.

Industy 4.0 jako technologiczne zaburzenie podażowe

Okres od końca lat 90. zeszłego wieku stanowi czas szybkiego rozwoju i popularyzacji Internetu oraz technologii teleinformatycznych (Information and Communication Technology, ICT). Zmiany przez nie wprowadzane mają transformacyjny wpływ na gospodarkę i społeczeństwo, ich beneficjentem jest też przemysł produkcyjny. Chociaż branża ta adaptuje nowości z opóźnieniem w stosunku do sektora konsumenckiego, również tutaj w mamy do czynienia z postępującą cyfryzacją oraz wykorzystaniem nowych technologii, w szczególności z obszaru Industy 4.0 (Przemysłu 4.0). Koncepcja ta została sformułowana w 2011 roku i stanowi określenie innowacyjnych przemian zachodzących we współczesnym przemyśle. Industy 4.0 obejmuje wykorzystanie nowych technologii, cyfryzację oraz zmiany organizacyjne, których połączenie zapewnia efekty synergii i modyfikuje sposoby działania podmiotów na rynku. Pozwala to na lepsze reagowanie przedsiębiorstw na zmiany potrzeb ich klientów i efektywne dostarczanie produktów kastomizowanych⁴⁴. Opis koncepcji, która określana jest również mianem „czwartej rewolucji przemysłowej”, znaleźć można w publikacji autora⁴⁵ oraz przeglądzie literatury⁴⁶.

O ile zachodzące w przemyśle zmiany uznawane są za przełomowe, o tyle ich ilościowy wpływ na agregaty makroekonomiczne jest trudny do oszacowania. Powodem jest m.in. to, że procesy cyfryzacji przemysłu i implementacji nowych technologii cały czas trwają, a poszczególne kraje znajdują się na różnych etapach, jeżeli chodzi o zaawansowanie prowadzonych działań. Podobnie uważa Wojciech Paprocki z SGH, który stwierdza, że czwarta rewolucja przemysłowa powoduje istotne zmiany społeczne i prowadzi, głównie dzięki usieciowieniu (zapewnieniu powszechnej komunikacji), do wzrostu efektywności oraz istotnych zmian gospodarczych⁴⁷. Z kolei stowarzyszenie BITKOM szacuje, że na skutek wdrażania Industy 4.0 można

⁴⁴ M. Gabriel i E. Pessl, *Industry 4.0 and Sustainability Impacts : Critical Discussion of Sustainability Aspects With a Special Focus*, „Annals of Faculty Engineering Hunedoara – International Journal of Engineering”, t. 14, nr 2, 2016, s. 131.

⁴⁵ Z. Piątek, *Czym jest Przemysł 4.0?*, 2017, <http://przemysl-40.pl/index.php/2017/03/22/czym-jest-przemysl-4-0/>, (3.11.2018).

⁴⁶ M. Ghobakhloo, *The future of manufacturing industry: a strategic roadmap toward Industry 4.0*, „Journal of Manufacturing Technology Management”, t. 29, nr 6, 2018, s. 910-936.

⁴⁷ W. Paprocki, *Koncepcja Przemysł 4.0 i jej zastosowanie w warunkach gospodarki cyfrowej*, (w:) *Cyfryzacja gospodarki i społeczeństwa. Szanse i wyzwania dla sektorów infrastrukturalnych*, red. J. Gajewski, W. Paprocki, i J. Pieręgud, Instytut Badań nad Gospodarką Rynkową, Gdańska Akademia Bankowa, Gdańsk 2016.

spodziewać się dodatkowego skumulowanego wzrostu niemieckiego PKB o 23% w okresie od 2013 do 2025 roku⁴⁸. Liczba ta jest uśrednieniem prognoz skumulowanych wzrostów dla sześciu kluczowych sektorów produkcyjnych. Z kolei zdaniem Niemieckiej Rady Ekspertów Ekonomicznych „publikowane dotychczas badania nie są metodologicznie przekonujące i powinny być traktowane co najwyżej jako przybliżone szacunki”⁴⁹.

W kontekście bieżącego artykułu kluczowym pytaniem jest to dotyczące powiązań pomiędzy wdrażaniem nowych technologii a realnymi skutkami na poziomie makroekonomicznym. Innymi słowy chodzi o identyfikację występujących szoków podażowych oraz ocenę ich wpływu na gospodarkę, w szczególności na przemysł produkcyjny.

Analizę zmian produktywności i innych wybranych wskaźników agregatowych prezentują Elstner, Feld i Schmidt⁵⁰. Dotyczy ona gospodarki niemieckiej w okresie od 2005 do 2017 roku. W tych latach miało z jednej strony miejsce szereg działań stymulujących wdrażanie technologii ICT, z drugiej zaś nastąpiło spowolnienie wzrostu produktywności w tamtejszym przemyśle. Autorzy analizują te zmiany korzystając z dekompozycji wzrostu i metodyki SVAR (Structural Vector Autoregressive Model), przy czym poddają analizie dane z lat 1991-2017.

W okresie od 2005 do 2017 roku zatrudnienie w Niemczech wzrosło z 39,3 mln do 44,3 mln, czyli o ponad 10%, zaś całkowita liczba przepracowanych godzin zwiększyła się o 8,2%. Różnice te wynikają, zdaniem autorów, z zatrudniania nowych osób w niepełnym wymiarze godzinowym oraz w sektorach o niższej produktywności. W omawianym okresie odnotowano również spadek produktywności – i to pomimo promocji przez niemiecki rząd koncepcji Industrie 4.0.

Aby zbadać tego powody, wyizolowano skutki technologicznych szoków podażowych w przypadku sektorów produkcyjnych: nietechnologicznego („nie-ICT”) oraz technologicznego („ICT”). Na rys. 7 (a) i (b) przedstawiono odpowiedzi w czasie na tego typu wstrząsy. Zdaniem autorów szoki technologiczne prowadzą do znacznego i trwałego wzrostu wydajności pracy jedynie w sektorze technologicznym. Na rys. 7 (c) i (d) zaprezentowano wpływ omawianych wstrząsów na zmiany produktywności w obydwu sektorach w latach 1995-2017. Takie szoki mogą odgrywać kluczową rolę w tłumaczeniu

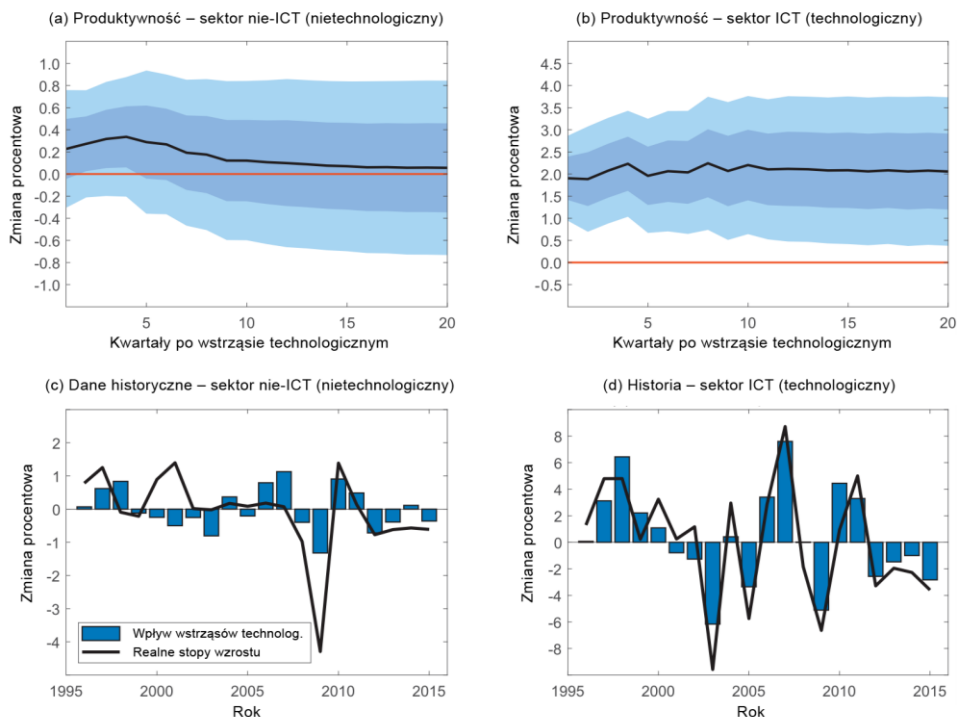
⁴⁸ W. Bauer i P. Horváth, *Industrie 4.0-Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland*, „Controlling”, t. 27, nr 8-9, 2015, s. 36.

⁴⁹ German Council of Economic Experts, *Annual Economic Report 2015/16*, Wiesbaden 2016, p. 663.

⁵⁰ S. Elstner, L. P. Feld, i C. M. Schmidt, *The German productivity paradox: Facts and explanations*, *Ruhr Economic Papers*, No. 767, 2018, s. 1-53.

cykliczności w przypadku sektora technologicznego, choć w ostatnich latach nie były widoczne pozytywne zmiany przez nie powodowane. Największą dynamikę in plus odnotowano w 1997, 2007 oraz 2010 roku. Wyniki te pozostają w sprzeczności z popularnym poglądem, że tempo cyfryzacji w ostatnim czasie przyspieszyło.

Rysunek 7. Efekty występowania szoków technologicznych; niebieskie obszary to 68- i 95-procentowe przedziały ufności



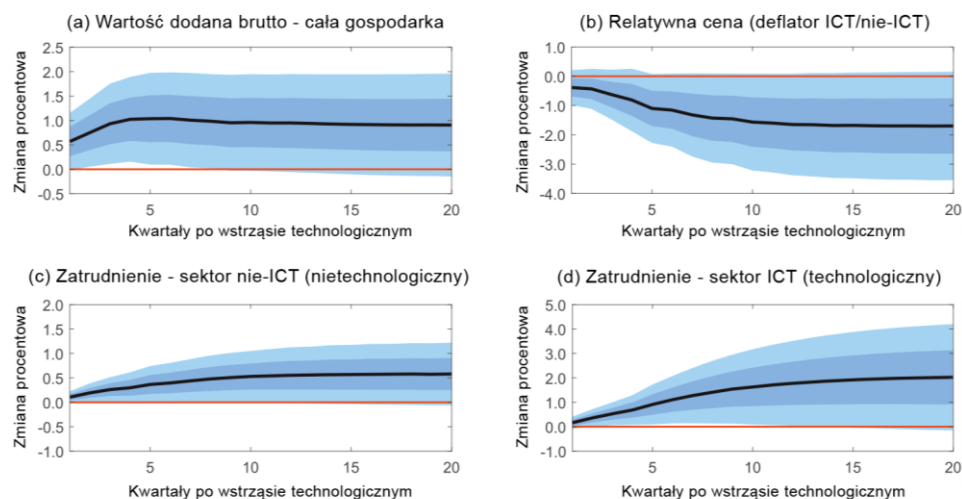
Źródło: opracowanie własne na podstawie S. Elstner, L. P. Feld, i C. M. Schmidt, *The German productivity paradox: Facts and explanations*, (w:) *Ruhr Economic Papers*, No. 767, Essen 2018, s. 30.

Elstner, Feld i Schmidt stwierdzają, że zwiększone inwestycje w technologie ICT mogą wpływać na łączny wzrost produktywności na wiele sposobów. Przede wszystkim zwiększają one całkowitą produktywność w sektorze technologicznym, co powoduje również relatywny spadek cen dóbr inwestycyjnych (dotyczy omawianych technologii) i dodatkowo zwiększa ich wykorzystanie. Zmiany te nie muszą jednak powodować zwiększania całkowitej produkcji. Rosnące wykorzystanie nowych technologii może

natomiast wpływać pośrednio na zwiększanie efektywności – np. pozwalając na wdrażanie innowacji w procesach biznesowych oraz upraszczając przetwarzanie i wymianę danych.

Na rys. 8 przedstawiono dodatkowe informacje: (a) zmiany wartości dodanej brutto całej gospodarki, (b) relatywne ceny wyprodukowanej wartości dodanej (różnice pomiędzy cenami dla produkcji w sektorze technologicznym i nietechnologicznym) oraz (c) (d) zmiany zatrudnienia w obydwu sektorach będące skutkiem występowania szoku technologicznego.

Rysunek 8. Skutki szoku technologicznego w przypadku wybranych agregatów makroekonomicznych; niebieskie obszary to 68- i 95-procentowe przedziały ufności



Źródło: opracowanie własne na podstawie S. Elstner, L. P. Feld, i C. M. Schmidt, *The German productivity paradox: Facts and explanations*, Ruhr Economic Papers, No. 767, 2018, s. 32.

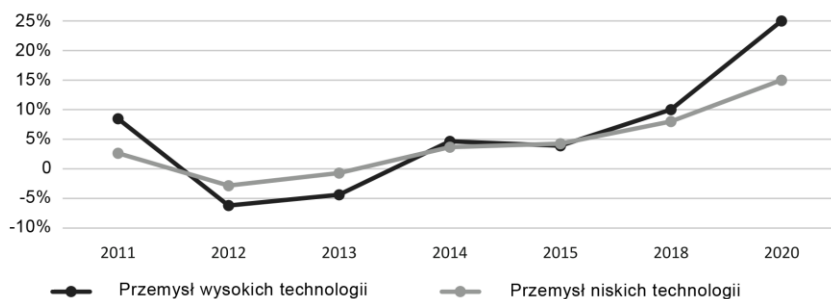
Zaprezentowane rezultaty badań dowodzą, że szoki technologiczne mają wpływ na wielkości agregatowe, czyli są też czynnikami wpływającymi na cykliczne zmiany koniunktury. Jako że w przypadku omawianego okresu wielkości produkcji i zatrudnienia rosły w zbliżonym tempie, pozytywny efekt netto dla produktywności był niewielki.

Zbieżność z powyższymi wynikami, jeżeli chodzi o zmiany wskaźników dla sektora technologicznego i nietechnologicznego, potwierdzają rezultaty

badania dotyczące gospodarki czeskiej⁵¹. Autorzy dokonują analizy efektów wdrażania rozwiązań z obszaru Industry 4.0 w odniesieniu do rynku pracy. Ich zdaniem automatyzacja i cyfryzacja zmniejszają popyt na pracowników o niskich kwalifikacjach oraz zwiększają zapotrzebowanie na wykwalifikowany personel. Dodatkowo skutkują też zmianami produktywności.

Na rys. 9 zaprezentowano analizę zmian produktywności rok do roku dla sektorów przemysłu wysokich i niskich technologii. W obydwu przypadkach dynamika powiązana jest z cyklem gospodarczym (w szczególności widoczna jest stagnacja w latach 2012-2013).

Rysunek 9. Historyczne zmiany produktywności w przypadku gospodarki czeskiej i prognoza do 2020 roku



Źródło: opracowanie własne na podstawie T. Volek i M. Novotná, *Labour Market in the Context of Industry 4.0*, The 11th International Days of Statistics and Economics, Prague 2017, s. 1796.

Zdaniem autorów korzyści z inwestycji w Industry 4.0 będą wyraźnie odczuwalne w kolejnych latach, gdy przedsiębiorstwa wykorzystają potencjał wdrażanych innowacji technologicznych. Biorąc jednak pod uwagę sam fakt zaobserwowania realnego wpływu szoków technologicznych na gospodarkę, można mówić o potwierdzeniu tezy zaprezentowanej we wprowadzeniu do bieżącego artykułu.

Podsumowanie, ograniczenia pracy i przyszłe badania

W pracy przedstawiono rozwój myśli ekonomicznej związanej z tematyką krótkookresowych fluktuacji koniunkturalnych, w szczególności ich powiązań z szokami technologicznymi. Jest to obszar o dużej istotności w wymiarach

⁵¹ T. Volek i M. Novotná, *Labour Market in the Context of Industry 4.0*, „The 11th International Days of Statistics and Economics”, Prague 2017, s. 1790-1799.

mikro- oraz makroekonomicznym, który stanowi jedno z kluczowych zagadnień w kontekście zachodzących obecnie procesów rozwoju i wdrażania innowacji.

Analiza modelu realnego cyklu koniunkturalnego przedstawionego przez Kydlanda i Prescottta prowadzi do wniosków, że skutki wstrząsów o charakterze realnym wpływają na szereg wielkości agregatowych oraz możliwe jest symulowanie zmian przez nie powodowanych, a także osiąganie przy tym zadowalających rezultatów (tj. zbieżności wyników do danych realnych). Wstrząsy podażowe wywołują poprzez funkcję produkcji zmiany w produktywności, zatrudnieniu i innych czynnikach, będąc jednym ze źródeł powstawania krótkookresowych fluktuacji koniunkturalnych.

Omawiany model pozwolił połączyć obszary indywidualnych decyzji podmiotów, tj. maksymalizowanie międzyokresowej użyteczności oraz produkcja w sytuacji ograniczonych zasobów, ze zagregowanymi zmiennymi makroekonomicznymi. W ten sposób wyjaśniana jest zmienność tych ostatnich. Stanowi to jednocześnie dalej idącą analizę tematyki niż ta proponowana przez Kondratiewa, Schumpetera i innych przytaczanych w początkowej części pracy ekonomistów – z zastrzeżeniem dotyczącym przedstawionych wcześniej ograniczeń modelu RBC oraz trwającego rozwoju powiązanej z nim tematyki.

Należy zaznaczyć, że omówiony model stanowi jeden w wielu modeli realnego cyklu koniunkturalnego. Badania w przedmiotowym zakresie prowadziło wielu ekonomistów – m.in. Long, Posser, Prescott i Black⁵². W artykule nie przedstawiono również keynesowskich teorii fluktuacji. Stąd też pracę należy traktować jako przede wszystkim próbę omówienia teorii RBC wraz z jej osadzeniem w szerszym kontekście historycznym, a także systematyzacji rozwijanej w naukach ekonomicznych tematyki wpływu rozwoju technologicznego na zmiany koniunkturalne.

Przedstawione pod koniec artykułu przykłady dotyczące badań w zakresie implementacji Industry 4.0 stanowią analizę historyczną i nie obejmują prognozowania zmian, jak ma to miejsce w przypadku modelu RBC. Zdaniem autora tego typu symulacje można przeprowadzić w przyszłości, porównując rezultaty z danymi statystycznymi uzyskanymi w dłuższym okresie. Obecnie gospodarka znajduje się na relatywnie wczesnym etapie czwartej rewolucji przemysłowej, przez co również zasadne jest, aby oceny jakości prognozowania wpływu szoków technologicznych spowodowanych przez wdrażanie rozwiązań Industry 4.0 na agregaty gospodarcze wpisać w obszar przyszłych badań.

⁵² D. Romer, *Makroekonomia dla zaawansowanych...*, op. cit., s. 174.

Bibliografia

1. Abel A. B., Bernanke B. S., i Croushore D., *Macroeconomics*, Pearson Education, 2008.
2. Ascari G., *Real Business Cycle Theory*, 2009, http://economia.unipv.it/pagp/pagine_personali/gascari/slides_rbc_distrib.pdf (4.09.2018).
3. Basu S., Fernald J. G., i Kimball M. S., *Are Technology Improvements Contractionary?*, „American Economic Review”, 2006, s. 1418-1448.
4. Bauer W., i Horváth P., *Industrie 4.0-Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland*, „Controlling”, t. 27, nr 8-9, 2015, s. 515-517.
5. Begg D., Fischer S., i Dornbusch R., *Makroekonomia*, PWE, Warszawa 2007.
6. Elstner S., Feld L. P., i Schmidt C. M., *The German productivity paradox: Facts and explanations*, Ruhr Economic Papers, No. 767, 2018.
7. Freeman C., i Soete L., *The Economics of Industrial Innovation*, MIT Press 1997.
8. Friedman M., *The “plucking model” of business fluctuations revisited*, „Economic Inquiry”, t. 31, nr 2, 1993.
9. Gabriel M., i Pessl E., *Industry 4.0 and Sustainability Impacts: Critical Discussion of Sustainability Aspects With a Special Focus*, „Annals of Faculty Engineering Hunedoara – International Journal of Engineering”, t. 14, nr 2, 2016.
10. Gazda J., *Wahania koniunkturalne w świetle teorii neoklasycznych (w:) Teoretyczne aspekty gospodarowania*, red. D. Kopycińska, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin 2005.
11. German Council of Economic Experts, *Annual Economic Report 2015/16*, Wiesbaden 2016.
12. Ghobakhloo M., *The future of manufacturing industry: a strategic roadmap toward Industry 4.0*, „Journal of Manufacturing Technology Management”, t.29, nr 6, 2018.
13. Glapiński A., *Schumpeterowska teoria przedsiębiorcy, czyli skąd się bierze pies*, „Konsumpcja i Rozwój”, t. 1, nr 2, 2012.
14. Godłów-Legiędź J., *Monetaryzm i nowa ekonomia klasyczna*, 2009, http://legiedz.com/jgl/_materialy/monetaryzm_friedman_blog.pdf (25.08.2018).
15. Hodrick R. J., i Prescott E. C., *Postwar US business cycles: an empirical investigation*, „Journal of Money, credit, and Banking”, 1997, s. 1-16.
16. Jędruchiewicz A., *Cykl koniunkturalny w teorii szkoły austriackiej*, Studia i Prace Kolegium Zarządzania i Finansów SGH, t. 122, 2012.

17. Kluz S., *Joseph Schumpeter a szkoła austriacka*, 2010, <https://mises.pl/blog/2010/06/09/s-kluz-joseph-schumpeter-a-szkola-austriacka/> (1.09.2018).
18. Kolasa M., *Teoria realnego cyklu koniunkturalnego*, Studia i prace kolegium zarządzania i finansów SGH, t. 119, 2012.
19. Kydland F. E., i Prescott E. C., *Time to build and aggregate fluctuations*, „Econometrica: Journal of the Econometric Society”, 1982.
20. Lucas R. E., *Econometric Policy Evaluation: A Critique*, „Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy”, t. 1(1), 1976.
21. Mankiw N. G., i Taylor M. P., *Makroekonomia*, PWE, Warszawa, 2009.
22. Mehta P., *Theory of Real Business Cycles and Economic Fluctuation*, 2015, <http://www.economicdiscussion.net/business-cycles/theory-of-real-business-cycles-and-economic-fluctuation-2/11691> (10.10.2018).
23. Mikosik S., *Teoria rozwoju gospodarczego Josepha A. Schumpetera*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1993.
24. Muth J. F., *Rational expectations and the theory of price movements*, „Econometrica: Journal of the Econometric Society”, 1961.
25. Nasiłowski M., *System rynkowy: podstawy mikro- i makroekonomii*, Wydawnictwo Key Text, Warszawa 1998.
26. Nasiłowski M., *Historia myśli ekonomicznej*, Wydawnictwo Key Text, Warszawa 1998.
27. Nelson R. R., i Winter S. G., *An evolutionary theory of economic change*, Belknap Press of Harvard University Press 1982.
28. Neville F., i Ramey V. A., *Is the technology-driven real business cycle hypothesis dead? Shocks and aggregate fluctuations revisited*, „Journal of Monetary Economics”, 2005.
29. Paprocki W., *Koncepcja Przemysł 4.0 i jej zastosowanie w warunkach gospodarki cyfrowej*, (w:) *Cyfryzacja gospodarki i społeczeństwa. Szanse i wyzwania dla sektorów infrastrukturalnych*, red. J. Gajewski, W. Paprocki, i J. Pieręgud, Instytut Badań nad Gospodarką Rynkową – Gdańska Akademia Bankowa, Gdańsk 2016.
30. Piątek Z., *Czym jest Przemysł 4.0?*, 2017, <http://przemysl-40.pl/index.php/2017/03/22/czym-jest-przemysl-4-0/>, (3.11.2018).
31. Prescott E. C., *Theory ahead of business-cycle measurement*, „Carnegie-Rochester conference series on public policy”, t. 25, 1986.
32. Romer D., *Makroekonomia dla zaawansowanych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2000.
33. Shea J., *What Do Technology Shocks Do?*, „NBER Macroeconomics Annual”, t. 13, 1998.

34. Solow R. M., *Technical change and the aggregate production function*, „The review of Economics and Statistics”, t. 39, nr 3, 1957.
35. Truskolaski S., *Egzogeniczność mierników szoków technologicznych na przykładzie Polski w latach 2005-2009*, „Gospodarka Narodowa”, nr 5-6, 2010.
36. Volek T., i Novotná M., *Labour Market in the Context of Industry 4.0*, „The 11th International Days of Statistics and Economics”, Prague 2017.
37. Wallis A., *Innowacyjność narzędziem kształtowania przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstwa XXI wieku*, Zeszyty Naukowe Wydziału Nauk Ekonomicznych Politechniki Koszalińskiej, t. 1, nr 20, 2016.

TECHNOLOGY SHOCKS AS THE SOURCE OF ECONOMY FLUCTUATIONS AND THEIR SIMULATIONS USING REAL BUSINESS-CYCLE MODEL

Innovation is one of the key factors of long-term economic growth. In the article the development of economic thought related to the analysis of the effects of technology-related supply shocks is presented. In particular Real Business-Cycle (RBC) model is being discussed. In the model exogenous fluctuations constitute the main factor of cyclical changes. The author discusses the applicability of the RBC model to simulate the impact of supply shocks on aggregated indicators. The article also includes a discussion of business cycles and their possible sources in the context of different economic schools. As the result it serves as a basis for the analysis of possible impact of Industry 4.0 implementation on the economy.

Key words: technology, economy, shock, cycle, Industry 4.0.