

# GOSPODARKA NARODOWA

11-12  
(243-244)  
Rok LXXX/XXI  
listopad-grudzień  
2011  
s. 1-29

Michał BURZYŃSKI\*  
Krzysztof MALAGA\*

## Neoschumpeterowski model wzrostu z rynkiem kapitałowym

### Wprowadzenie

Zależności między sferą finansową gospodarki, utożsamianą z rynkami finansowymi, w tym rynkami kapitałowymi a sferą realną gospodarki są przedmiotem intensywnych badań ekonomistów. Ich celem powinno być poszukiwanie odpowiedzi na pytanie o istnienie warunków zapewniających dynamiczną równowagę między obiema sferami w kontekście wzrostu i rozwoju gospodarczego.

Wpływ rynków kapitałowych na długookresowy wzrost gospodarczy rozpatruje się na ogół w trzech obszarach tematycznych: wpływ zaawansowania i dojrzałości rynku kapitałowego na wzrost gospodarczy, implikacje zmienności na rynku kapitałowym na wzrost i koszt pozyskiwania kapitału finansowego przez przedsiębiorstwa, oraz znaczenie międzynarodowej integracji rynków kapitałowych dla globalnego wzrostu gospodarczego i stabilności finansowej<sup>1</sup>.

---

\* M. Burzyński jest doktorantem studiów stacjonarnych III stopnia na Wydziale Informatyki i Gospodarki Elektronicznej, Katedra Ekonomii Matematycznej na Uniwersytecie Ekonomicznym w Poznaniu, e-mail: [michal.burzynski@ue.poznan.pl](mailto:michal.burzynski@ue.poznan.pl), zaś K. Malaga – pracownikiem Katedry Ekonomii Matematycznej na Uniwersytecie Ekonomicznym w Poznaniu, e-mail: [krzysztof.malaga@ue.poznan.pl](mailto:krzysztof.malaga@ue.poznan.pl). Artykuł wpłynął do redakcji w październiku 2011 r.

<sup>1</sup> Najnowsza historia gospodarcza pokazuje dobitnie, że występujące na rynkach finansowych szoki znajdują swoje odzwierciedlenie w dynamice realnej sfery gospodarki. Lata 2007-2009 świadczą o tym, że pękające bańki spekulacyjne nawet na bardzo wyspecjalizowanych rynkach (np. kredytów hipotecznych *sub prime*) generują niepewność w działaniach podmiotów gospodarujących, co przekłada się na spowolnienie gospodarcze, a niekiedy nawet w recesję.

Wnioski z prowadzonych dotąd badań nie są jednoznaczne. Z jednej strony Beck, Levine, Loayza [2000] i Beck, Levine [2004] przekonują, że „dojrzały rynek kapitałowy”, stymuluje akumulację kapitału fizycznego oraz nakłady inwestycyjne w sektorze B&R. Na podstawie badań prowadzonych w różnych okresach i dla różnych gospodarek, wymienieni autorzy wnioskuje o istnieniu istotnej, dodatniej zależności między zmiennymi opisującymi rynek kapitałowy a PKB *per capita*. Z drugiej strony, Arestis, Demetriades [1997], [2001] twierdzą, że nie można formułować ogólnych wniosków na temat relacji między rynkiem kapitałowym i realną sferą gospodarki ze względu na zbyt dużą złożoność analizowanych procesów. Do skrajnych wniosków dochodzi Stiglitz [2000], który stwierdza, że coraz większa liberalizacja rynków finansowych oraz ich globalna integracja generują niestabilność w gospodarce światowej, co z kolei nie sprzyja długookresowemu wzrostowi gospodarczemu.

W niniejszym artykule podjęto próbę opisu relacji zachodzących między sferą finansową a sferą realną gospodarki. W tym celu zbudowano i poddano empirycznej weryfikacji neoschumpeterowski model wzrostu gospodarczego z wyodrębnionym rynkiem kapitałowym<sup>2</sup>. Na tej podstawie podjęto próbę udzielenia odpowiedzi na następujące pytania: czy istnieje długookresowa równowaga dynamiczna między sferą finansową (kapitałową) a sferą realną (innowacyjną) gospodarki? Jak płynność i dojrzałość rynku kapitałowego wpływają na długookresowy wzrost gospodarczy? W jaki sposób awersja do ryzyka inwestorów wpływa na proces innowacji?

W artykule przedstawiono: strukturę modelu, opis dynamiki analizowanego systemu gospodarczego, ważniejsze wyniki symulacji dynamiki systemu oraz zasadnicze wnioski wynikające z przeprowadzonych badań.

## Struktura modelu

### Podstawowe założenia

Przyjmujemy, że w gospodarce występują dwa rodzaje podmiotów: przedsiębiorstwa organizujące sferę produkcyjną w gospodarce i rząd, będący instytucją emitującą wolne od ryzyka obligacje. Dynamika gospodarki zależy głównie od decyzji podejmowanych przez przedsiębiorców.

Zakładamy, że gospodarka składa się z jednego sektora produkcji dóbr finalnych oraz jednego sektora produkcji dóbr pośrednich. W każdym z nich działa przeliczalna liczba przedsiębiorstw. Ponieważ przedsiębiorstwo jest własnością co najmniej jednej osoby, więc w modelu rezygnujemy z rozróżniania przedsiębiorców i konsumentów. Konsumenta, który świadczy usługę pracy, traktujemy w skrajnym przypadku jako jednoosobowe przedsiębiorstwo będące podwykonawcą wobec większego przedsiębiorstwa.

<sup>2</sup> Przy konstrukcji modelu wzrostu nawiązywano do wyników prac: Gomulka [1998], Aghion, Howitt, Mayer-Foulkes [2004], Aghion, Banerjee [2005] oraz Aghion, Howitt [2009].

### Sektor produkcji dóbr finalnych

Do wyprodukowania jednostki dobra finalnego przez  $i$ -te przedsiębiorstwo w chwili  $t$  potrzeba jednostki dobra pośredniego. Nakład dobra pośredniego oznaczamy przez  $x_{t,i}$ . Wymagane jest również zaangażowanie pewnego zasobu (niewykwalifikowanej) siły roboczej  $L_1$ . Proces produkcji odbywa się przy ustalonym poziomie technologii przedsiębiorstwa  $A_{t,i}$ . W skali mikroekonomicznej, proces wytwarzania jednorodnych dóbr finalnych  $Y_{t,i}$  opisany jest za pomocą funkcji produkcji, która jest dodatkowo jednorodna stopnia pierwszego (założenie o stałych efektach skali).

$$Y_{t,i} = (L_1 A_{t,i})^{1-\alpha} x_{t,i}^\alpha. \quad (1)$$

Przyjmujemy, że zasób siły roboczej unormowany jest do jedności  $L_1 = 1$ , natomiast  $\alpha$  oznacza współczynnik elastyczności produkcji finalnej względem nakładu produkcji pośredniej. Przedsiębiorstwa z sektora produkcji finalnej działają na rynku konkurencji doskonałej, na którym ceny dóbr finalnych są ustalane przez rynek<sup>3</sup>, a zyski przedsiębiorstw są zerowe. Sektor dóbr finalnych opisywany jest tylko w skali makroekonomicznej, a jego dynamika nie wpływa w żaden sposób na pozostałe sektory gospodarcze.

### Sektor produkcji dóbr pośrednich

W przeciwieństwie do sektora produkcji dóbr finalnych, przedsiębiorstwa z sektora produktów pośrednich dążą do maksymalizacji zysku z prowadzonej działalności gospodarczej, przy ograniczonym dostępie do informacji o całej gospodarce. Dokładniej, maksymalizują one strumienie zysków napływających w okresie decyzyjnym, nie znając jednak w danej chwili działań konkurentów. Przyjmujemy zatem, że mamy do czynienia z jednookresowymi decyzjami przedsiębiorców odnośnie do zaangażowania czynników w sferze produkcji lub w sektorze B&R.

Przedsiębiorstwa posiadają dwa źródła dochodów: działalność podstawową (produkcję) oraz inwestycje kapitałowe. Pierwszy z rodzajów ich aktywności ma miejsce na niedoskonałym rynku produkcji dóbr pośrednich. Cena produktu pośredniego  $p_t$  kształtuje się na poziomie jego krańcowej produktywności:

$$p_t = \frac{dY_t}{dx_t} = \alpha (L_1 \bar{A}_t)^{1-\alpha} x_t^{\alpha-1}, \quad (2)$$

gdzie:  $Y_t$  oznacza globalną wielkość produkcji finalnej,  $x_t$  globalny nakład produkcji dóbr pośrednich na produkcję dóbr finalnych, natomiast  $\bar{A}_t$  to średni poziom technologii w gospodarce. Ponadto łatwo pokazać, że: cena produktu pośredniego rośnie (*ceteris paribus*) wraz ze wzrostem poziomu technologii

<sup>3</sup> Z punktu widzenia przedsiębiorstw ceny produktów finalnych są więc parametrami.

produkcji oraz, że cena produktu pośredniego spada (*ceteris paribus*) wraz ze wzrostem podaży produktu pośredniego<sup>4</sup>.

Każde przedsiębiorstwo z sektora produktów pośrednich dąży do maksymalizacji zysku z produkcji, przy założeniu ograniczonego dostępu do informacji o działalności konkurentów. Zysk z produkcji pośredniej  $i$ -tego przedsiębiorstwa  $\Pi_{t,i}$  zależy od ceny produktu pośredniego  $p_t$  oraz od jednostkowego kosztu wytworzenia produktu pośredniego  $c_{t,i}$ . Jest on jeszcze pomniejszany o stawkę podatku dochodowego  $\tau$ :

$$\Pi_{t,i} = (p_t - c_{t,i})x_{t,i}(1 - \tau). \quad (3)$$

Koszt wytworzenia jednostki produktu pośredniego, w relacji do jego ceny, zależy od średniego poziomu technologii w gospodarce w odniesieniu do poziomu technologii danego przedsiębiorstwa. Zatem im wyższy jest poziom technologii danego przedsiębiorstwa, tym niższy koszt wytworzenia produktów pośrednich i tym wyższe oczekiwane zyski (3), gdyż zarówno cena  $p_t$ , jak i średni poziom technologii ustalane są na rynku:

$$\frac{c_{t,i}}{p_t} = \frac{\bar{A}_t}{A_{t,i}}. \quad (4)$$

Zachodzi więc:

$$c_{t,i} > p_t \text{ gdy } A_{t,i} < \bar{A}_t, \quad (5)$$

$$c_{t,i} \leq p_t \text{ gdy } A_{t,i} \geq \bar{A}_t. \quad (6)$$

Oznacza to, że wyższy poziom technologii produkcji niż średni w gospodarce pozwala przedsiębiorstwu osiągnąć zysk z produkcji. Co więcej, skuteczne wdrożenie nowej technologii przez jedno z przedsiębiorstw powoduje nie tylko osiągnięcie przez nie pozycji lidera technologicznego, ale również zwiększenie średniego poziomu technologii w gospodarce. To z kolei, przy założeniu niezmienności technologii w pozostałych przedsiębiorstwach, powoduje spadek ich rentowności (efekt wypierania konkurencji z rynku).

Ograniczenie producenta w dostępie do informacji rynkowych wyrażane jest przez sposób określenia ceny  $p_t$  i jednostkowego kosztu produkcji  $c_{t,i}$ . Przedsiębiorstwo nie zna sytuacji konkurentów, więc firma przewiduje cenę produktu pośredniego  $p_t$  na podstawie stanu własnej technologii produkcji  $A_{t,i}$ . Ponieważ nakładami na produkcję pośrednią są dobra finalne, w relacji 1:1, to przyjmujemy, że koszt produkcji jest jednostkowy. Jest to równoważne założeniu, że średni poziom technologii na rynku produktów pośrednich równa się stosunkowi  $A_{t,i}$  do krańcowej produktywności  $x_{t,i}$ .

<sup>4</sup> Dowody tych prostych faktów pominięto.

Przedsiębiorstwo rozwiązuje zadanie maksymalizacji zysku (3) przy warunkach ograniczających:

$$c_{t,i} = 1 \tag{7}$$

$$p_t = \alpha \bar{A}_t^{1-\alpha} x_t^{\alpha-1}. \tag{8}$$

Otrzymuje tym samym optymalną (przy założeniu o ograniczonym dostępie do informacji o konkurentach) wielkość produkcji dóbr pośrednich:

$$x_{t,i}^* = A_{t,i} \alpha^{\frac{2}{1-\alpha}}. \tag{9}$$

Łatwo jest wykazać następującą własność:

**Własność 1.** Jeżeli proces produkcji w dowolnym przedsiębiorstwie opisuje funkcja (9), to suma produkcji finalnej w gospodarce równa jest:

$$Y_t = (L_1 \bar{A}_t)^{1-\alpha} x_t^\alpha. \tag{10}$$

### Dowód

Rozpatrzmy sumę wartości produkcji wszystkich  $n$  przedsiębiorstw z sektora finalnego:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n Y_{t,i} &= \sum_{i=1}^n (L_1 A_{t,i})^{1-\alpha} (x_{t,i}^*)^\alpha = \sum_{i=1}^n (L_1 A_{t,i})^{1-\alpha} \left( \alpha^{\frac{2}{1-\alpha}} A_{t,i} \right)^\alpha = \\ &= \sum_{i=1}^n A_{t,i} \alpha^{\frac{2\alpha}{1-\alpha}} = \alpha^{\frac{2\alpha}{1-\alpha}} n \bar{A}_t = \alpha^{\frac{2\alpha}{1-\alpha}} (n \bar{A}_t)^{1-\alpha} (n \bar{A}_t)^\alpha = (n L_1 \bar{A}_t)^{1-\alpha} \left( \sum_{i=1}^n \alpha^{\frac{2}{1-\alpha}} \bar{A}_t \right)^\alpha = \\ &= (n L_1 \bar{A}_t)^{1-\alpha} \left( \sum_{i=1}^n \alpha^{\frac{2}{1-\alpha}} A_{t,i} \right)^\alpha = (L_1 \bar{A}_t)^{1-\alpha} \left( \sum_{i=1}^n x_{t,i} \right)^\alpha = (L_1 \bar{A}_t)^{1-\alpha} x_t^\alpha, \end{aligned}$$

$$\text{gdzie } x_t = \sum_{i=1}^n x_{t,i}^5.$$

### Technologia produkcji

Podstawową zmienną charakteryzującą dane przedsiębiorstwo jest poziom pozostającej do jego dyspozycji technologii produkcji  $A_{t,i}$ , który decyduje o jego ewentualnej przewadze konkurencyjnej w sferze produkcji pośredniej. Dominacja technologiczna umożliwia redukcję kosztów i osiągnięcie zysków nadzwyczajnych. W danej chwili, przedsiębiorstwo dąży do jak największego wzrostu obecnego poziomu technologii produkcji, wpływającego wprost na wynik

<sup>5</sup> Liczbę podmiotów  $n$  normalizujemy do jedności, indeksując je na odcinku [0;1].

finansowy. W modelu przewidziano dwie możliwości podniesienia poziomu technologii: poprzez indywidualne wdrożenie innowacji lub poprzez naśladowanie konkurencji.

Gwałtowne zwiększenie poziomu technologii ma miejsce wtedy, gdy nastąpi skuteczne wdrożenie innowacji. Aby zwiększać prawdopodobieństwo sukcesu wprowadzenia nowego sposobu produkcji, firma wydaje środki finansowe na sektor B&R, który generuje losowy strumień innowacji. Jednakże skuteczne wdrożenie innowacji wymaga także nadzwyczajnych nakładów związanych z implementacją opracowanej nowej technologii. Środki na bieżące prace sektora B&R pochodzą z zysków zatrzymanych przez przedsiębiorstwo, które cechują się zerowym kosztem kapitału. Natomiast wydatki nadzwyczajne, ze względu na ich nieprzewidywalność, muszą być zapewnione przez rynek kapitałowy, na którym koszt kapitału związany jest z premią za ryzyko inwestycji.

Druga możliwość to wykorzystanie zasobów sektora B&R do naśladowania technologii produkcji posiadanej przez konkurentów. Proces ten modelowany jest za pomocą dyfuzji, która zależy od relacji nakładów w sektorze B&R do nadzwyczajnych nakładów na wdrożenie innowacji. Istotnym elementem stymulującym szybkość pozyskiwania nowej technologii jest względne „zacofanie” technologiczne danego przedsiębiorstwa. Zmienna opisująca dyfuzję technologii ma postać:

$$\sigma_{t,i} = \frac{R_{t,i}}{B_{t,i}}(1 - a_{t,i}), \quad (11)$$

gdzie:  $a_{t,i} = \frac{A_{t,i}}{A_t^*}$  oznacza relatywny poziom technologii danego przedsiębiorstwa w odniesieniu do maksymalnego w gospodarce (*technological gap*),  $R_{t,i}$  to bieżące nakłady na B&R, a  $B_{t,i}$  to nakłady nadzwyczajne ponoszone przez przedsiębiorstwo wytwarzające dobro pośrednie.

Ogólnie, poziom technologii w przedsiębiorstwie w chwili  $t$  jest opisany jako:

$$A_{t,i} = \begin{cases} A_{t-1,i}(1 + \sigma_{t,i}) & \Pr\{A_{t,i} = A_{t-1,i}(1 + \sigma_{t,i})\} = 1 - \mu_{t,i} \\ A_t^* = \gamma_t A_{t-1}^* & \Pr\{A_{t,i} = A_t^*\} = \mu_{t,i} \end{cases}, \quad (12)$$

gdzie:  $\mu_{t,i}$  oznacza prawdopodobieństwo skutecznego opracowania innowacji, a  $\gamma_t$  jest oznaczeniem wskaźnika wzrostu granicznego poziomu technologii w przypadku skutecznego wdrożenia innowacji.

Ze względu na niemożność przewidzenia przyszłej zmiany technologicznej będącej wynikiem innowacji przyjęto, że stopa przyrostu poziomu technologii  $\gamma_t - 1$  opisana jest zmienną losową o rozkładzie wykładniczym z parametrem  $\rho$ . Zgodnie z własnościami tego rozkładu mamy:

$$E(\gamma_t) = 1/\rho + 1. \quad (13)$$

Wybór takiego rozkładu prawdopodobieństwa zmiennej losowej  $\gamma_t - 1$  podyktowany został faktem, że prawdopodobieństwa zdarzeń polegających na wdrożeniu innowacji maleją wraz z jej wielkością, mierzoną wartością zmiennej  $\gamma_t - 1$ . Stąd najbardziej prawdopodobne są takie jej zmiany, które są bliskie zera, a najmniej prawdopodobne są te, które istotnie przekraczają kilkanaście procent.

**Własność 2.** Z definicji ewolucji technologii w czasie (12) i z założenia  $\frac{R_{t,i}}{B_{t,i}} \leq 4(\gamma_t - a_{t,i})$  wynika, że przedsiębiorca osiąga większą korzyść z wdrożenia innowacji, niż z korzystania z dyfuzji technologii.

### Dowód

Wyższa korzyść z wdrożenia innowacji niż z dyfuzji technologii oznacza, że wzrost poziomu technologii w przypadku innowacji jest wyższy niż wzrost dyfuzyjny:

$$\begin{aligned}
 (1 + \sigma_{t,i})A_{t-1,i} &< \gamma_t A_{t-1,i}^* \\
 (1 + \sigma_{t,i})a_{t-1,i} &< \gamma_t \\
 b_{t,i}(1 - a_{t,i}) &< \frac{\gamma_t}{a_{t,i}} - 1, \text{ gdzie: } b_{t,i} = R_{t,i}/B_{t,i}, \\
 (1 + b_{t,i}(1 - a_{t,i}))a_{t,i} &< \gamma_t \\
 b_{t,i} &< \frac{\gamma_t - a_{t,i}}{a_{t,i}(1 - a_{t,i})}, \\
 \frac{R_{t,i}}{B_{t,i}} \leq 4(\gamma_t - a_{t,i}) &\Rightarrow \frac{R_{t,i}}{B_{t,i}} < \frac{\gamma_t - a_{t,i}}{a_{t,i}(1 - a_{t,i})}.
 \end{aligned}
 \tag{14}$$

Ze względu na przyjęte reguły kalibracji modelu:  $\frac{R_{t,i}}{B_{t,i}} \approx 0,005$ ,  $\gamma_t \approx 1,025$  oraz  $a_{t,i} \approx 0,8$ , warunek z założenia wniosku 2 jest spełniony. Zauważmy, że limit inwestycji  $R_{t,i}$ , dla którego opłacalna pozostaje działalność innowacyjna jest wyższy w przypadku przedsiębiorstw bardzo nisko zaawansowanych technologicznie (niskie wartości  $a_{t,i}$ ) oraz dla przedsiębiorstw z granicy technologicznej ( $a_{t,i} \approx 1$ ). Zatem, przy pewnym granicznym poziomie  $R_{t,i}$ , w przedsiębiorstwach o „średnim” poziomie technologii wdrażanie innowacji staje się nieopłacalne w stosunku do korzystania z dyfuzji technologii. Z sytuacją odwrotną mamy do czynienia w przedsiębiorstwach o najniższym i najwyższym poziomie technologii.

### Sektor B&R

Ważnym elementem systemu gospodarczego, dzięki któremu możliwe jest zwiększanie przez producentów efektywności wykorzystywania ograniczonych

zasobów są ośrodki badawczo-rozwojowe, tworzące sektor B&R. Generują one w sposób losowy strumień innowacji, uzyskując na wejściu zasoby kapitałowe od przedsiębiorstw. Ów proces stochastyczny jest więc czynnikiem wprowadzającym niepewność w działalności wszystkich podmiotów gospodarczych.

Inwestycje w sektor B&R mają charakter bieżących nakładów  $R_{t,i}$ , ponoszonych przez przedsiębiorstwa w każdym okresie. Dążąc do osiągnięcia przewagi technologicznej nad konkurencją, firmy zwiększają swoje szanse na skuteczne wdrożenie innowacji. Są zatem zmuszone do ciągłego przekazywania części posiadanych zasobów finansowych na sektor B&R (oczekując zwiększenia zysków w przyszłości), co zmniejsza zaangażowanie tychże zasobów w sferach: produkcyjnej (zmniejszając wolumen wytwarzanych produktów pośrednich) i kapitałowej.

W modelu przyjęto, że wraz z upływem czasu gospodarka osiąga coraz wyższy poziom zaawansowania technologicznego, a wraz ze wzrostem poziomu technologii procesy produkcyjne stają się bardziej efektywne. Sektor B&R również reaguje na ten proces. Utrzymanie jednakowej skuteczności jego działania wraz z postępującym rozwojem technologicznym staje się coraz trudniejsze. Im wyższy graniczny poziom technologii w gospodarce  $A_t^*$ , tym trudniej wygenerować innowację, przy założeniu stałych nakładów na sektor B&R. Stąd przyjmujemy, że prawdopodobieństwo skutecznego wdrożenia innowacji  $\mu_{t,i}$  wynosi:

$$\mu_{t,i} = \lambda \left( R_{t,i} \frac{A_0^*}{A_t^*} \right)^\xi. \quad (15)$$

Parametr  $\xi$  oznacza elastyczność generowania innowacji względem bieżących wydatków na sektor B&R, skorygowanych o wpływ postępu technologicznego. Parametr  $\lambda$  jest czynnikiem skalującym. Zatem, aby nie zmniejszać szans na zaistnienie innowacji, przedsiębiorstwa muszą zwiększać z okresu na okres nakłady na sektor B&R.

Zmienną charakteryzującą zaangażowanie firmy w prace badawczo-rozwojowe jest poziom wydatków bieżących  $R_{t,i}$  na sektor B&R. Zasoby te są częścią zysków zatrzymanych przedsiębiorstw  $\prod_{t,i}^\circ$ , decydujących o wartości i kondycji finansowej firmy. Każde przedsiębiorstwo podejmuje indywidualnie decyzję o wielkości zasobów finansowych przeznaczanych na prowadzenie prac badawczych. Dokonuje tego w taki sposób, aby maksymalizować oczekiwane korzyści netto (po uwzględnieniu nakładów nadzwyczajnych na sektor B&R oznaczanych symbolem  $B_i$ ) z przeprowadzanych prac:  $\prod_{t,i}^{**}$ .

$$\max_{R_{t,i}} \left\{ \mu_{t,i} \prod_{t,i}^{**} - R_{t,i} \right\}. \quad (16)$$

Przy przyjętych założeniach prawdziwa jest następująca własność:



**Własność 3.** Warunkiem koniecznym i wystarczającym na to, aby oczekiwane korzyści netto z wdrażania innowacji były dodatnie:  $\mu_{t,i} \prod_{t,i}^{**} - R_{t,i} > 0$  jest nierówność<sup>6</sup>:

$$R_{t,i} < \left( \lambda \prod_{t,i}^{**} \right)^{\frac{1}{1-\xi}} \left( \frac{A_0^*}{A_t^*} \right)^{\frac{\xi}{1-\xi}}. \quad (17)$$

Oczekiwany zysk nadzwyczajny brutto z produkcji pośredniej po wdrożeniu innowacji  $\prod_{t,i}^*$ , określony jest jako różnica zysków możliwych do otrzymania przy zastosowaniu najnowszej i obecnej technologii:

$$\begin{aligned} \prod_{t,i}^* &= (1 - \tau) \left[ \prod(A_{t+1}^*) - \prod(A_{t+1,i}) \right] = (1 - \tau) \left[ p_t x_{t,i} \bar{A}_t \left( \frac{1}{A_{t+1,i}} - \frac{1}{A_{t+1}^*} \right) \right] = \\ &= (1 - \tau) \left[ p_t x_{t,i} \bar{A}_t \left( \frac{1}{(1 + \sigma_{t,i}) A_{t-1,i}} - \frac{\rho}{A_t^* (1 + \rho)} \right) \right]. \end{aligned} \quad (18)$$

Z własności 2, wynika, że:  $\prod(A_{t+1}^*) > \prod(A_{t+1,i})$ , czyli  $\frac{1}{\prod(A_{t+1,i})} - \frac{1}{\prod(A_{t+1}^*)} > 0$ , zatem:

$$\forall t \prod_{t,i}^* > 0. \quad (19)$$

Zgodnie z założeniami modelu podmioty oczekują, iż najwyższa technologia wzrośnie dokładnie o  $E(\gamma)$ .

$$E(A_{t+1}^*) = E(\gamma_{t+1} A_t^*) = A_t^* E(\gamma_{t+1}) = A_t^* \left( 1 + \frac{1}{\rho} \right). \quad (20)$$

Oczekiwane korzyści netto z wdrożenia innowacji  $\prod_{t,i}^{**}$  są równe oczekiwanym zyskom  $\prod_{t,i}^*$ , pomniejszonym o nadzwyczajne wydatki, wynikające z implementacji opracowanej technologii. Koszty te oznaczamy symbolem  $B_{t,i}$  i interpretujemy jako kwotę, którą dane przedsiębiorstwo ma zamiar pożyczyć na rynku kapitałowym (na przykład emitując obligacje korporacyjne). Ostatecznie otrzymujemy, że:

$$\prod_{t,i}^{**} = \prod_{t,i}^* - B_{t,i} (1 + r_p) + G_{t,i}^*, \quad (21)$$

gdzie:

$r_p$  – stopa procentowa obciążona ryzykiem kredytowym (oprocentowanie obligacji przedsiębiorstw),

<sup>6</sup> Wprowadzenie nierówności (17) wymaga prostych przekształceń.

$G_{t,i}^*$  – bezzwrotna dotacja państwa dla skutecznego innowatora<sup>7</sup>.

**Własność 4.** Przy założeniu, że  $G_{t,i}^* \geq 0$  oraz  $k^*(1+r_p) - 1 < 0$  (co jest spełnione ze względu na reguły kalibracji modelu) zachodzi nierówność:

$$\forall t \prod_{t,i}^{**} > 0. \quad (22)$$

### Dowód

Niech  $k^*$  oznacza średnią relację między nakładem a przychodem z inwestycji w innowację (średnią zyskowność netto inwestycji w innowację). Wtedy  $B_{t,i} = k^* \prod_{t,i}^*$  opisuje wymagany nakład nadzwyczajny na wdrożenie innowacji. Oznaczmy przez  $s_{t,i} = \frac{G_{t,i}^*}{\prod_{t,i}^*}$  relację dotacji rządowych do zysków brutto.

Wtedy:

$$\begin{aligned} \prod_{t,i}^{**} > 0 &\Leftrightarrow \prod_{t,i}^* - B_{t,i}(1+r_p) + G_{t,i}^* > 0 \Leftrightarrow \prod_{t,i}^* + G_{t,i}^* > B_{t,i}(1+r_p) \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow \prod_{t,i}^* + G_{t,i}^* > k^* \prod_{t,i}^*(1+r_p) \Leftrightarrow 1 + s_{t,i} > k^*(1+r_p) \Leftrightarrow s_{t,i} > k^*(1+r_p) - 1. \end{aligned}$$

Przy przyjętych założeniach kalibracyjnych:  $k^* \approx 0,5$  i  $r_p \approx 0,05$ , nierówność ta jest spełniona.

Rozwiązując zadanie (16) względem  $R_{t,i}$  otrzymujemy, że wielkość inwestycji w sektor B&R, która maksymalizuje korzyści netto wynosi:

$$R_{t,i}^* = A_t^* \left( \frac{\xi \lambda \prod_{t,i}^{**}}{A_t^*} \right)^{\frac{1}{1-\xi}} = (A_t^*)^{\frac{\xi}{\xi-1}} \left( \xi \lambda \prod_{t,i}^{**} \right)^{\frac{1}{1-\xi}}. \quad (23)$$

Optymalny poziom bieżących wydatków na B&R zależy wprost od granicznego poziomu technologii oraz od oczekiwanego zysku z wdrożenia innowacji (czyli pośrednio od subsydiów rządowych).

Podsumowując, sektor B&R spełnia istotną rolę w kształtowaniu przyszłych procesów produkcyjnych. Jego podstawowym celem jest tworzenie coraz bardziej efektywnych procesów produkcyjnych dla przedsiębiorstw. Dzięki temu zachodzą dwa najbardziej istotne procesy mające zasadniczy wpływ na długookresowy wzrost produkcji: **gwałtowne i niespodziewane innowacje** oraz **przewidywalna i stopniowa dyfuzja technologii**. Jednakże bodźcem do implementacji innowacji jest pożyczany na rynku kapitał, umożliwiającą zwiększenie ryzyka działalności.

<sup>7</sup> Zob. reguły funkcjonowania się sektora rządowego opisane na str. 13.

## Rynek kapitałowy

Podstawowym źródłem finansowania bieżącej działalności firmy na rynku B&R jest zasób kapitału własnego, na który składają się zyski zatrzymane z lat ubiegłych. Kapitał własny charakteryzuje się zerowym kosztem oraz brakiem ryzyka kredytowego, gdyż nie ma on charakteru zobowiązań. Przedsiębiorstwo dążące do minimalizacji ryzyka działalności bieżącej będzie dążyć do wykorzystania zasobów z puli zysków zatrzymanych jako źródła finansowania wydatków na sektor B&R. Tego rodzaju system finansowania promuje skutecznych innowatorów, którzy mają dostęp do większego zasobu zatrzymanych zysków. W efekcie wyższe zyski osiągnięte w danej chwili z produkcji konkurencyjnych dóbr ułatwiają dynamiczny rozwój w kierunku nowych technologii w przyszłości.

W sytuacji gdy wydatki na sektor B&R zwrócą się w postaci opracowania innowacyjnej technologii produkcji, przed przedsiębiorstwem stoi kolejne wyzwanie. Należy bowiem skutecznie zaimplementować innowację w postaci efektywnego procesu produkcyjnego, umożliwiającego redukcję kosztów lub poprawę jakości produktów. Proces ten odbywa się poprzez długookresową inwestycję w nowe technologie produkcji. Nadzwyczajne nakłady inwestycyjne są znacznie większe niż bieżące wydatki na B&R. Dlatego też, firma musi szukać dodatkowych źródeł finansowania w formie zaciągnięcia długu na rynku kapitałowym poprzez emisję obligacji korporacyjnych.

Wartość firmy wyznaczana jest na podstawie łącznej sumy zysków zatrzymanych  $\prod_{t,i}^{\circ}$  (kapitału własnego), którą ma ona do dyspozycji. Większość z tych środków przeznaczana jest na finansowanie działalności bieżącej (zakup kapitałowych i osobowych czynników produkcji, utrzymywanie zapasów surowców i półproduktów oraz wydatki związane z bieżącą działalnością operacyjną). Część tego kapitału przeznaczana jest na bieżące inwestycje w sektorze B&R. Jeszcze inne zasoby pochodzące z puli zatrzymanych zysków kierowane są na inwestycje kapitałowe na rynku papierów wartościowych.

Tym samym, przedsiębiorstwa są również graczami na rynku kapitałowym. Przyjmujemy, że rynek kapitałowy składa się tylko z rynku obligacji rządowych i korporacyjnych. W każdym okresie przedsiębiorstwo decyduje jaką część posiadanych zasobów przeznacza na inwestycje w instrumenty bezpieczne (obligacje rządowe), a jaką w papiery obciążone ryzykiem (obligacje korporacyjne). Ponieważ decyzje inwestycyjne przedsiębiorstw są wysoce subiektywne, więc do opisu tworzenia struktury portfela papierów wartościowych wykorzystano zmienną losową. Przyjęto założenie, że struktura ta jest identyczna dla wszystkich podmiotów. Udział ryzykownych instrumentów w posiadanym portfelu jest zmienną losową o rozkładzie jednostajnym  $r \sim U(0, \theta)$ , gdzie parametr  $0 < \theta < 1$  opisuje awersję do ryzyka podmiotów uczestniczących w rynku. Im niższa wartość  $\theta$ , tym wyższa awersja do ryzyka inwestora i tym niższy udział instrumentów ryzykownych.

Kluczowym czynnikiem przy określaniu stopy zwrotu z instrumentów obciążonych ryzykiem kredytowym  $r_p$  jest średnie prawdopodobieństwo bankru-

ctwa firmy z sektora pośredniego  $\bar{p}$ . To uproszczenie pozwala na wyznaczenie dokładnie jednej stopy zwrotu  $r_p$ , która zgodnie z warunkiem braku arbitrażu na rynku kapitałowym (oczekiwane zyski ze wszystkich instrumentów są sobie równe) ma postać:

$$r_f = E(r_p), \quad (24)$$

gdzie  $r_f$  oznacza wolną od ryzyka stopę procentową. Z równania (24) wynika że zwrot z obligacji rządowych jest równy oczekiwanemu zwrotowi z bezpiecznych inwestycji kapitałowych. Konsekwentnie, mamy:

$$1 + r_f = (1 - \bar{p})(1 + r_p), \quad (25)$$

gdyż ze średnim (dla całego rynku) prawdopodobieństwem  $\bar{p}$  następuje bankructwo przedsiębiorstwa i obligacje nie zostają wykupione. Zatem:

$$r_p = \frac{1 + r_f}{1 - \bar{p}} - 1 = \frac{r_f + \bar{p}}{1 - \bar{p}}. \quad (26)$$

Wyższe prawdopodobieństwo bankructwa powoduje bardziej niż proporcjonalny wzrost stopy procentowej obciążonej ryzykiem. Wynika stąd, że *spread* kredytowy ma postać:

$$r_p - r_f = \frac{r_f + \bar{p}}{1 - \bar{p}} - r_f = \frac{\bar{p}(1 + r_f)}{1 - \bar{p}}. \quad (27)$$

Przedsiębiorstwo jest aktywne na rynku jako nabywca instrumentów dłużnych. Z tytułu inwestycji na rynku kapitałowym, generuje ono wartość:

$$C_{t,i} = (1 + r_f)(1 - r)m \prod_{t,i}^{\circ} + (1 - p)(1 + r_p)rm \prod_{t,i}^{\circ} = (1 + r_f)m \prod_{t,i}^{\circ}, \quad (28)$$

gdzie:

$m$  oznacza część kapitału własnego przeznaczanego na inwestycje na rynku kapitałowym.

Z drugiej strony, w razie zaistnienia innowacji, firma potrzebuje nadzwyczajnych środków finansowania  $B_{t,i}$ , których wartość wyznaczana jest dla prostoty jako część zysków nadzwyczajnych z nowo wprowadzonej innowacji:

$$B_{t,i} = k^* \prod_{t,i}^*. \quad (29)$$

Zakładamy z góry określoną, średnią zyskowność netto każdej z inwestycji w innowacje na poziomie  $k^*$ . Założenie to upraszcza dynamikę modelu.

Kapitał obcy pozyskiwany jest na rynku kapitałowym przez emisję instrumentów dłużnych. Sprzedaż obligacji korporacyjnych wiąże się ze zwiększeniem zobowiązań firmy, co przekłada się na zwiększenie ryzyka jej działalności.

Podstawowym miernikiem ryzyka przedsiębiorstwa jest wspomniane w poprzednich rozważaniach prawdopodobieństwo niewypłacalności, czyli niezdolności firmy do terminowego regulowania zaciągniętych zobowiązań. Parametr ten nazywać będziemy indywidualnym prawdopodobieństwem bankructwa i oznaczać będziemy symbolem  $p$ . Przyjmujemy, że  $p$  wyznaczone jest endogenicznie na podstawie dźwigni finansowej  $L_{t,i}$  danego przedsiębiorstwa, czyli relacji  $B_{t,i}/\prod_{t,i}^\circ$ :

$$p = f\left(\frac{B_{t,i}}{\prod_{t,i}^\circ}\right) = f(L_{t,i}) \quad \text{oraz} \quad \frac{df}{dL_{t,i}} > 0; \quad \frac{d^2f}{dL_{t,i}^2} > 0. \quad (30)$$

Z warunku (30) wynika, że w przypadku wdrażania nowej technologii, zmiany procesu produkcji lub zaangażowania się w nowy rodzaj działalności zawsze dochodzi do istotnego podwyższenia ryzyka działalności przedsiębiorstwa.

Rynek kapitałowy opisany jest za pomocą czterech zmiennych: skumulowanych podaży kapitału  $S_t$  i popytu na kapitał  $D_t$  oraz wartości obrotu na rynku obligacji korporacyjnych  $V_t$  i rządowych  $U_t$ :

$$D_t = \sum_{i=1}^n d_i; \quad S_t = \sum_{i=1}^n s_i; \quad V_t = \min\{D_t, S_t\}; \quad U_t = \max\{0, D_t - S_t\}. \quad (31)$$

Ostatecznie, po uwzględnieniu wszystkich procesów decyzyjnych, możemy przejść do przedstawienia ewolucji wartości firmy w czasie, która jest wynikiem wszystkich rodzajów działalności podmiotu: od aktywności na rynku produkcji pośredniej, przez inwestycje w sektor B&R, po inwestycje kapitałowe na rynku obligacji. Otrzymujemy zatem, że:

$$\prod_{t+1,i}^\circ = \prod_{t,i}^\circ + (1 - \tau)\prod_{t,i} + C_{t,i} - R_{t,i} - \mu_{t,i}(1 + r_p)B_{t,i} + G_{t,i}^*. \quad (32)$$

### Sektor rządowy

Istotną rolę dla dynamiki systemu gospodarczego odgrywa rząd. Jego zadaniem jest dążenie do jak najskuteczniejszej stymulacji wzrostu gospodarczego. Narzędziem, które może być wykorzystane dla osiągnięcia tego celu są bezwrotne dotacje dla skutecznych innowatorów  $G_{t,i}^*$ .

Instrumentami polityki fiskalnej rządu są: stawka podatkowa oraz bezwrotne dotacje dla innowatorów. Rząd może także wpływać na płynność rynku kapitałowego, emitując wolne od ryzyka obligacje. Przychody sektora fiskalnego wyrażają się jako:

$$R_t^G = T_t + U_t, \quad (33)$$

gdzie wpływy z podatków opisane są jako:

$$T_t = \tau \prod_t. \quad (34)$$

Rząd ponosi wydatki przeznaczane na regulację przeszłego długu oraz na bieżące subsydia.

$$E_t^G = G_t + (1 + r_f)U_{t-1}. \quad (35)$$

Bilans budżetu fiskalnego wyrażony jest jako:

$$W_t^G = W_{t-1}^G + T_t + U_t - G_t - (1 + r_f)U_{t-1} = W_{t-1}^G + R_t^G - E_t^G. \quad (36)$$

Przyjmujemy też, że rząd nie ma możliwości ponoszenia nadzwyczajnego deficytu budżetowego, zatem:

$$W_t^G = 0, \quad (37)$$

wynika stąd, że bieżące wydatki na dotacje wynoszą:

$$G_t = T_t + U_t - (1 + r_f)U_{t-1}. \quad (38)$$

## Dynamika systemu gospodarczego

### Mechanizm grupowania innowacji i proces destrukcji mocy produkcyjnych

W rozpatrywanym modelu skuteczne wdrożenie innowacji ma dwójakie konsekwencje: mikroekonomiczne i makroekonomiczne. Z punktu widzenia przedsiębiorstwa następuje skokowy wzrost poziomu technologii i zysków z produkcji. Biorąc pod uwagę całą gospodarkę, mamy do czynienia ze zwiększeniem średniego poziomu technologii. Powoduje to wzrost wymagań firm, aspirujących do osiągnięcia zysku z produkcji pośredniej (ponieważ zysk otrzymują tylko te podmioty, które dysponują wyższą technologią niż średni jej poziom w gospodarce  $A_{t,i} > \bar{A}_t$ ). Zatem, skuteczne wdrożenie innowacji przez daną firmę pogarsza warunki gospodarowania pozostałych przedsiębiorstw. Proces ten jest formą **kreatywnej destrukcji**, ponieważ wskutek zaostrenia konkurencji na rynku produkcji najsłabsze przedsiębiorstwa ponoszą jeszcze wyższe straty.

Jak pamiętamy, decyzja o ponoszeniu wydatków na sektor B&R jest podyktowana wystąpieniem korzyści netto z ewentualnego wdrożenia innowacji (16). Korzyść taka występuje zawsze, nawet wtedy, gdy firma znajduje się na granicy technologicznej. Zauważmy, że funkcja  $\prod_{t,i}^*$  przyjmuje tym większą wartość, im niższy jest poziom obecnej technologii  $A_{t,i}$ . Zatem, zysk nadzwyczajny oczekiwany z wdrożenia nowej technologii rośnie tym bardziej, im dane przedsiębiorstwo znajduje się dalej od granicy technologicznej  $A_t^*$ . Oznacza to, że

w sytuacji gdy poziom technologii produkcji danej firmy jest bardzo niski, to należy oczekiwać poważnych korzyści (wyższych niż w przypadku położenia w pobliżu granicy technologicznej) z dokonania innowacji i przemieszczenia na granicę technologiczną. Powstaje więc pytanie: jak powyższe fakty wpływają na przyszłe decyzje podmiotów? Odpowiedzi na to pytanie sformułowane zostały jako własności 5 i 6.

**Własność 5.** Wraz ze wzrostem zysków nadzwyczajnych oczekiwanych z wdrożenia innowacji, rosną nakłady firm na sektor B&R. Wzrost nakładów na sektor B&R przyczynia się do wzrostu prawdopodobieństwa innowacji w przedsiębiorstwie<sup>8</sup>, gdyż:

$$\begin{aligned} \frac{dR_{t,i}^*}{d\Pi_{t,i}^{**}} &= \frac{A_t^*}{1 - \xi} \left( \frac{\xi \lambda}{A_t^*} \right)^{\frac{1}{1-\xi}} (\Pi_{t,i}^{**})^{\frac{\xi}{1-\xi}} > 0 \\ \frac{d\mu_{t,i}}{dR_{t,i}} &= \frac{\lambda \xi}{R_{t,i}^{1-\xi}} \left( \frac{A_0^*}{A_t^*} \right) > 0. \end{aligned} \tag{39}$$

**Własność 6.** Krańcowa korzyść z wdrożenia innowacji jest tym większa, im niższy jest poziom technologii danego przedsiębiorstwa.

### Dowód

Wystarczy obliczyć pochodną:

$$\begin{aligned} \frac{d\Pi_{t,i}^*}{d\Delta A_{t,i}} &= \frac{d}{d\Delta A_{t,i}} \left\{ (1 - \tau) \left[ p_t x_{t,i} \bar{A}_t \left( \frac{1}{E(A_{t+1,i})} - \frac{1}{E(A_{t+1,i}^*)} \right) \right] \right\} = \\ &= \frac{d}{d\Delta A_{t,i}} \left[ (1 - \tau) p_t x_{t,i} \bar{A}_t \left( \frac{E(A_{t+1,i}^*) - E(A_{t+1,i})}{E(A_{t+1,i}^*) E(A_{t+1,i})} \right) \right] = \\ &= \frac{d}{d\Delta A_{t,i}} \left[ (1 - \tau) p_t x_{t,i} \bar{A}_t \left( \frac{\Delta A_{t,i}}{E(A_{t+1,i}^*) E(A_{t+1,i})} \right) \right] > 0 \end{aligned} \tag{40}$$

gdzie:  $\Delta A_{t,i} = E(A_{t,i}^*) - E(A_{t,i})$  oznacza bezwzględną miarę zacofania technologicznego firmy w odniesieniu do granicznego poziomu technologii.

Podmiotami, które w ramach przyjętych założeń najbardziej reagują na globalną zmianę technologiczną są te przedsiębiorstwa, które są najsłabsze. W przypadku ich niepowodzenia w dokonaniu innowacji – istnieje duże prawdopodobieństwo, że zbankrutują, co z kolei przyczyni się do spadku wartości globalnej produkcji. Oznacza to, że skuteczne wdrożenie innowacji prowadzi w krótkim okresie do procesu schumpeterowskiej **kreatywnej destrukcji** – wdrażanie nowych procesów produkcyjnych zwiększa presję na najbardziej nierentowne firmy i często prowadzi do ich eliminacji.

<sup>8</sup> Dowód pominięto.

### Znaczenie rynku kapitałowego w generowaniu innowacji

W przypadku gdy ma miejsce zwiększone zainteresowanie firm sektorem B&R, wówczas po stronie popytowej rynku kapitałowego zauważalna jest podwyższona aktywność. Firmy, które zdołają opracować innowację technologiczną, zgłaszają zapotrzebowanie na dodatkowe dofinansowanie działalności inwestycyjnej. Nie zawsze jednak dochodzi do pełnego zaspokojenia potrzeb kapitałowych tych podmiotów, gdyż podaż kapitału jest wysoce zmienna w czasie i zależy od ich awersji wobec ryzyka  $\theta$ .

W rozpatrywanym modelu, dojrzałość i płynność rynku kapitałowego mają podstawowe znaczenie dla wdrażania nowych technologii. Podobnie zresztą jak udział inwestycji w kapitale własnym firm. Te czynniki stymulują dostęp firm do kapitału finansowego. Naturalnie, im wyższa awersja podmiotów do ryzyka, tym niższa część posiadanych przez przedsiębiorstwa zasobów przeznaczana jest na inwestycje kapitałowe. Zatem, brak zaufania do przyszłej sytuacji makroekonomicznej, wyrażający się w pesymistycznych oczekiwaniach na przyszłość, może mieć negatywny wpływ na wzrost gospodarczy w przyszłości. Mamy więc do czynienia z pogłębianiem się problemu niekorzystnych oczekiwań i przekładania ich na rzeczywiste, jeszcze gorsze wyniki gospodarki.

W modelu wartość współczynnika awersji do ryzyka wyznaczono w sposób deterministyczny. Dla uproszczenia przyjęto, że jedyną zmienną, którą podmioty biorą pod uwagę jest poziom nowo wytworzonej produkcji globalnej (Produkt Krajowy Brutto,  $PKB_t$ ), obliczany jako suma produkcji sektora finalnego, pomniejszona o sumę nakładów pośrednich:

$$PKB_t = \sum_{i=1}^N Y_{t,i} - \sum_{i=1}^N x_{t,i} = \sum_{i=1}^N (A_{t,i}^{1-\alpha} x_{t,i}^\alpha - x_{t,i}). \quad (41)$$

Uznano, że współczynnik awersji do ryzyka  $\theta$  przyjmuje postać funkcji logistycznej ze stałym współczynnikiem skali  $s$ :

$$\theta = \frac{1}{1 + \exp(-h/s)}, \quad (42)$$

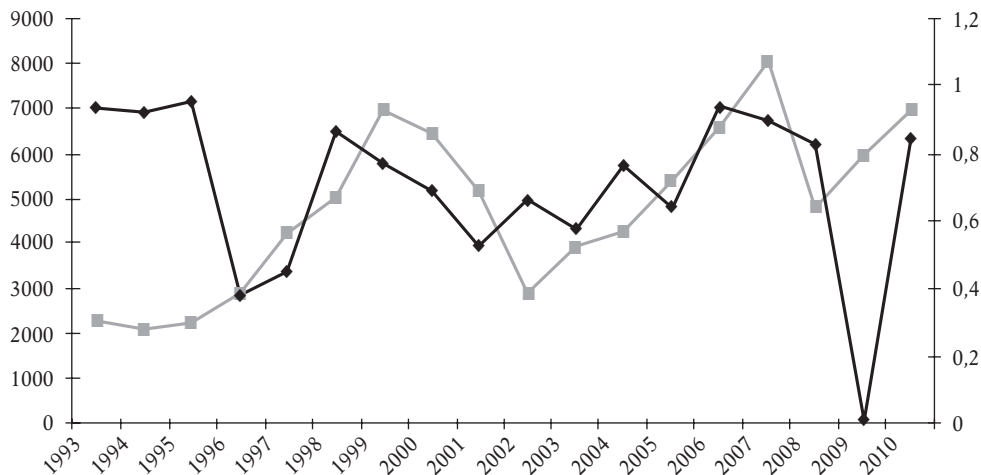
gdzie:

$$h = \frac{\Delta PKB_t \cdot |\Delta^2 PKB_t|}{PKB_t}. \quad (43)$$

Zatem podmioty dokonują oceny przyszłej sytuacji gospodarczej opierając się wyłącznie na dynamice PKB. Wybrany miernik poziomu nastrojów na rynku kapitałowym pozwala na wyprzedzenie oczekiwań co do gospodarki w odniesieniu do jej faktycznego stanu. Przykładowe wyliczenia miernika  $\theta$  dla gospodarki Niemiec wraz z poziomami indeksu DAX 30 w latach 1993-2010 zaprezentowano na rys. 1.



Rysunek 1. Kształtowanie się rocznych poziomów indeksu DAX (kolor szary, oś lewa) oraz wartości miernika  $\theta$  dla gospodarki Niemiec (kolor czarny, oś prawa)



Źródło: opracowanie własne

### Stopa wzrostu gospodarczego

Podstawowym miernikiem kondycji gospodarki jest stopa wzrostu gospodarczego. O ile przedsiębiorstwa kierują się miernikiem PKB, o tyle rząd dąży do maksymalizacji produkcji finalnej. Dlatego poniżej przedstawiono dynamikę zmian zmiennej  $Y_t$ .

**Własność 7.** Przy założeniu racjonalnych decyzji przedsiębiorstw wytwarzających dobra pośrednie, stopa wzrostu produkcji finalnej jest równa stopie wzrostu średniego poziomu technologii.

#### Dowód

Podobnie jak w przypadku dowodu własności 1 otrzymujemy:

$$Y_t = (L_1 \bar{A}_t)^{1-\alpha} x_t^\alpha = (L_1 \bar{A}_t)^{1-\alpha} \alpha^{\frac{2\alpha}{1-\alpha}} \bar{A}_t^\alpha = const \cdot \bar{A}_t, \quad (44)$$

zatem:  $g \equiv \frac{\Delta Y_t}{Y_t} \equiv \frac{\Delta \bar{A}_t}{\bar{A}_t}$ .

Stopa wzrostu produkcji finalnej (technologii) ma zatem postać:

$$g = \frac{\Delta \bar{A}_t}{\bar{A}_t} = (1 - \mu_t) \sigma_t + \frac{(\gamma A_t^* - \bar{A}_t)}{\bar{A}_t} \mu_t = (1 - \mu_t) \sigma_t + \left(\frac{\gamma}{a_t} - 1\right) \mu_t = \mu_t \left(\frac{\gamma}{a_t} - 1 - \sigma_t\right) + \sigma_t = \lambda \left(R_t \frac{A_0^*}{A_t^*}\right)^\xi \left(\frac{\gamma}{a_t} - 1 - \sigma_t\right) + \sigma_t. \quad (45)$$

**Własność 8.** Warunkiem koniecznym i wystarczającym na to, aby stopa wzrostu produkcji finalnej spełniała warunki:  $\frac{dg}{da_t} < 0$ ,  $\frac{dg}{d\gamma_t} > 0$ ,  $\frac{dg}{d\sigma_t} > 0$  jest  $\mu_t \in (0;1)$ .

Warunek  $\frac{dg}{dR_t} > 0$  zachodzi wtedy, i tylko wtedy, gdy  $\gamma > a(1 + \sigma_t)$ , natomiast warunek  $\frac{dg}{d\mu_t} > 0$  zachodzi wtedy, i tylko wtedy, gdy  $\mu_t > \frac{\sigma_t}{\xi + 2\sigma_t - \frac{\xi\gamma}{a_t}}$ .

### Dowód

Wiedząc, że  $\mu_t \in (0;1)$  otrzymujemy:

$$\begin{aligned} \frac{dg}{da_t} &= -\lambda \left( R_t \frac{A_0^*}{A_t^*} \right)^\xi \left( \frac{\gamma}{a_t^2} + \frac{R_t}{B_t} \right) - \frac{R_t}{B_t} = -\frac{R_t}{B_t} (\mu_t + 1) - \frac{\mu_t \gamma}{a_t^2} < 0, \\ \frac{dg}{d\gamma} &= \frac{\lambda}{a_t} \left( R_t \frac{A_0^*}{A_t^*} \right)^\xi = \frac{\mu_t}{a_t} > 0, \\ \frac{dg}{d\sigma_t} &= -\lambda \left( R_t \frac{A_0^*}{A_t^*} \right)^\xi + 1 = 1 - \mu_t > 0, \\ \frac{dg}{dR_t} &= \frac{\xi \lambda}{(R_t)^{1-\xi} (A_t^*)^\xi} \left( \frac{\gamma}{a_t} - 1 - \sigma_t \right) + \frac{(1-a_t)(1-\mu_t)}{B_t} = \frac{\xi \mu_t}{R_t} \left( \frac{\gamma}{a_t} - 1 - \sigma_t \right) + \\ &+ \frac{\sigma_t(1-\mu_t)}{R_t} = \frac{1}{R_t} \left[ \mu_t \left( \frac{\xi \gamma}{a_t} - \xi - 2\sigma_t \right) + \sigma_t \right] > 0 \Leftrightarrow \mu_t > \frac{\sigma_t}{\xi + 2\sigma_t - \frac{\xi \gamma}{a_t}} \\ \frac{dg}{d\mu_t} &= \left( \frac{\gamma}{a_t} - 1 - \sigma_t \right) > 0, \text{ wtedy, i tylko wtedy, gdy } \gamma > a_t(1 + \sigma_t). \end{aligned}$$

Oznacza to, że wzrost produkcji finalnej jest tym wyższy, im niższe  $a_t$  (gospodarka jest bardziej od granicy technologicznej – symptom konwergencji), im wyższe są: indeks wzrostu poziomu granicznej technologii w przypadku wdrożenia innowacji  $\gamma_t$  oraz miara dyfuzji technologii  $\sigma_t$ . Zmniejsza się natomiast przy zbliżaniu się do granicy technologicznej, które to zjawisko nie będzie wspierane przez wzrost bieżących wydatków na B&R. Zatem w rozpatrywanym modelu, wzrost gospodarczy zależy tylko od poziomu technologii i innowacyjności przedsiębiorstw.

### Symulacja Monte Carlo systemu gospodarczego

Kolejnym etapem badań było przeprowadzenie symulacji działania opisanego systemu gospodarczego. W niniejszym punkcie przedstawimy: założenia kalibracji modelu, przykładowy przebieg wybranych symulacji, wyniki analizy wrażliwości dynamiki modelu na zmianę podstawowych parametrów oraz zagregowane wyniki przeprowadzonej symulacji Monte Carlo.

## Kalibracja modelu

Współczynnik elastyczności produkcji finalnej względem nakładu produkcji pośredniej  $\alpha$  opisuje relacje między nakładem produktów pośrednich, a efektem w postaci wielkości produkcji finalnej. Przyjęto, że wielkość produkcji finalnej jest bardzo wrażliwa na nakłady produktów pośrednich  $\alpha = 0,92$ . Konsekwencją tego założenia jest fakt, że zwiększenie produkcji pośredniej ma większy wpływ na produkcję finalną niż wzrost technologii produkcji. Przyjęto też, że oczekiwana stopa wzrostu granicznego poziomu technologii, w przypadku skutecznego wdrożenia innowacji  $E(\gamma_t)$  jest stała i równa 1,025. Odpowiada to parametrowi rozkładu wykładniczego opisującego zmienną losową  $\gamma_t$  na poziomie  $\rho = 40$ . Tym samym, przy każdorazowym wdrożeniu innowacji, graniczny poziom technologii w gospodarce  $A^*$  rośnie średnio o około 2,5%. Biorąc pod uwagę fakt, że w kalibracji zakłada się średnie prawdopodobieństwo skutecznego wdrożenia innowacji na poziomie 0,08, więc nowe innowacje pozwalają na osiągnięcie średniego wzrostu TFP ( $\bar{A}_t$ ) na poziomie 0,25%. Stanowi to około 20% wzrostu TFP. Za resztę wzrostu TFP odpowiada dyfuzja technologii.

Parametry funkcji wyznaczającej prawdopodobieństwo skutecznego wdrożenia innowacji  $\lambda$  i  $\xi$  zostały dobrane tak, aby każde przedsiębiorstwo miało szansę na innowację rzędu 0,06-0,11 (w zależności od nakładów bieżących na sektor B&R). Przyjęto, że  $\lambda = 4$  oraz  $\xi = 0,15$ . Założono, że przedsiębiorstwa inwestują na rynku kapitałowym  $m = 0,04$ , czyli 4% wartości bilansowej. Jest to zgodne z zasadami analizy wskaźnikowej, w której przyjmuje się, że wskaźnik szybkiej płynności (*quick ratio*) powinien być w przybliżeniu równy jedności, natomiast udział długu krótkookresowego w sumie bilansowej nie powinien przekraczać 25%.

Przyjęto, że stopa podatku od zysków przedsiębiorstw jest równa 0,19. Ze względu na trudności z oszacowaniem realnej wartości, uznano, że średni zwrot z inwestycji w ryzykowną działalność innowacyjną wynosi 100%. Tym samym, parametr opisujący zyskowność wdrożenia innowacji  $k^*$  wyniesie 0,5. Powyższe założenia pozwoliły na uzyskanie wartości istotnych mierników makroekonomicznych podanych w tabelcy 1.

Tablica 1

Wyniki kalibracji modelu

| Rodzaj obiektu   | Wzrost TFP w [%] | Wzrost PKB w [%] | Wydatki na B&R/PKB w [%] |
|--|------------------|------------------|--------------------------|
| Wartość dla gospodarki niemieckiej w latach 1998-2007 <sup>9</sup> | 0,71             | 0,87             | 2,60                     |
| Wartość dla gospodarki USA w latach 1998-2007                      | 1,17             | 1,02             | 2,80                     |
| Wartość modelowa   | 1,15             | 1,02             | 2,21                     |

Źródło: opracowanie własne

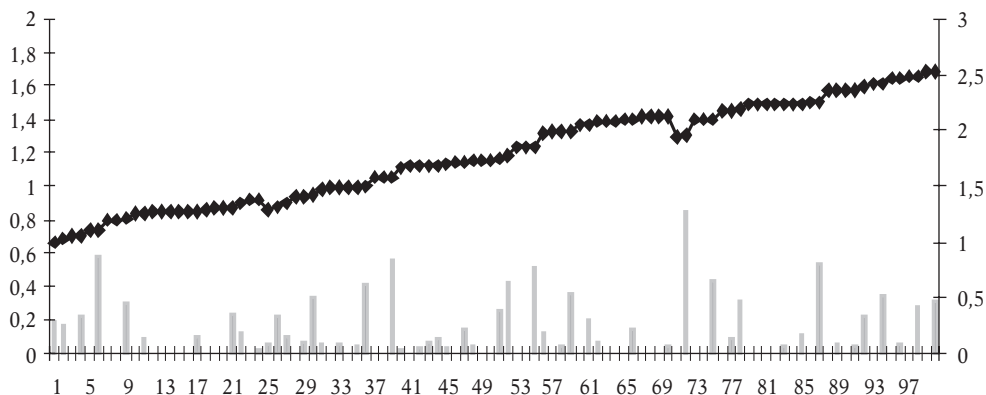
<sup>9</sup> Na podstawie: Artus P. [2010].

### Przykładowy przebieg symulacji

W niniejszym podpunkcie przedstawimy wykresy obrazujące dynamikę podstawowych agregatów makroekonomicznych i zmiennych opisujących wybrane przedsiębiorstwo. Analizy dokonano na podstawie jednej realizacji dynamiki całego systemu. Z makroekonomicznego punktu widzenia istotne są relacje między występowaniem innowacji, poziomem technologii, poziomem PKB, kapitalizacją spółek i obrotem na rynku kapitałowym. Ich ilustracją graficzną są podane poniżej rysunki.

Na rys. 2 widzimy, że obrót na rynku kapitałowym rośnie wtedy, gdy mamy do czynienia ze spadkiem PKB. Jednakże w okresie następującym po wysokiej aktywności na rynku, PKB gwałtownie rośnie. Zjawisko to wskazuje na postępujący proces kreatywnej destrukcji spowodowanej intensywnym zaangażowaniem firm w sektor B&R.

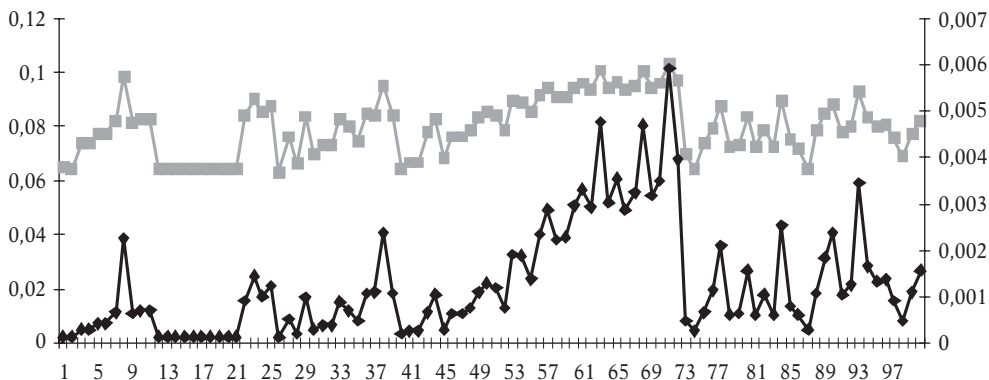
**Rysunek 2. Poziom PKB (kolor czarny, oś lewa) i obrót na rynku kapitałowym (kolor szary, oś prawa) w odniesieniu do ich wartości początkowych**



Źródło: opracowanie własne

Zwiększenie wydatków bieżących przedsiębiorstwa na sektor B&R prowadzi do wzrostu prawdopodobieństwa skutecznego opracowania innowacji (rys. 3). Należy jednak zauważyć, że z czasem podobne poziomy wydatków bieżących na B&R skutkują niższą wartością tego prawdopodobieństwa ze względu na rosnący poziom technologii granicznej.

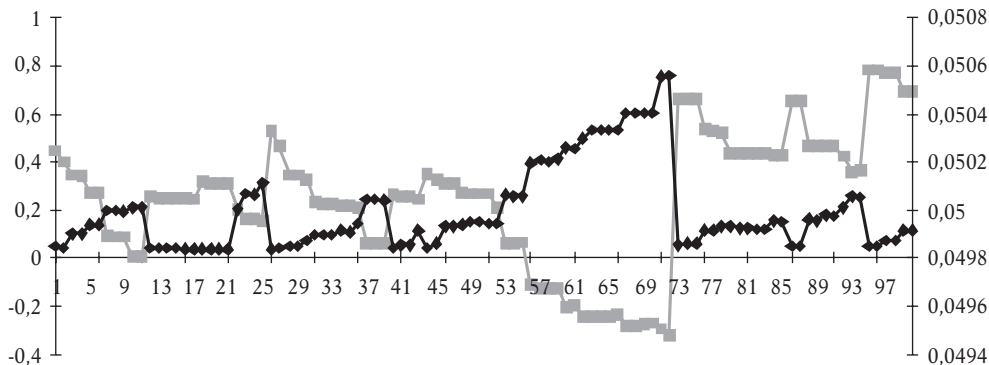
**Rysunek 3. Prawdopodobieństwo skutecznego wdrożenia innowacji (kolor szary, oś lewa) i bieżące wydatki na B&R (kolor czarny, oś prawa)**



Źródło: opracowanie własne

Zyski z działalności podstawowej przedsiębiorstwa produkcyjnego w sektorze dóbr pośrednich bezpośrednio wpływają na ryzyko prowadzonej przez niego działalności (rys. 4). Mniejszy zysk oznacza większe prawdopodobieństwo bankructwa.

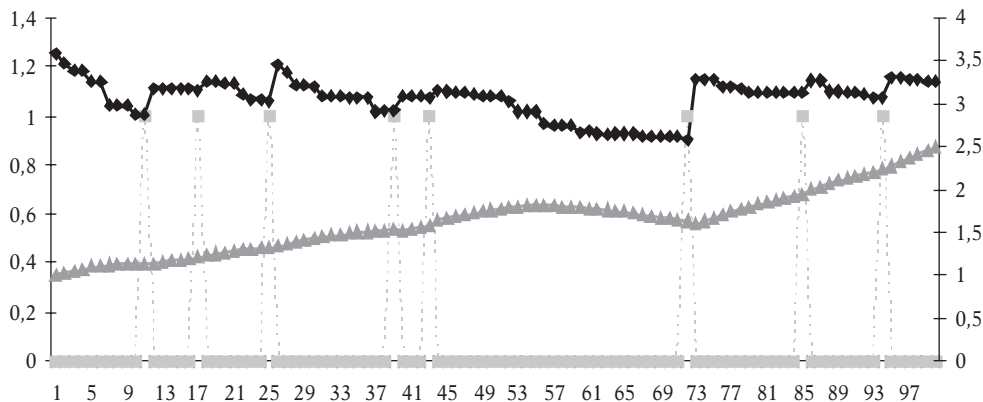
**Rysunek 4. Zysk z produkcji (kolor szary, oś lewa) i prawdopodobieństwo bankructwa (kolor czarny, oś prawa)**



Źródło: opracowanie własne

Na rysunku 5 przedstawiono zależność między pojawiającymi się innowacjami, względnym poziomem technologii i wartością przedsiębiorstwa. Skuteczne wdrożenia innowacji (wystające „zęby” w kolorze jasnoszarym) powodują skokowy wzrost poziomu technologii, co przyczynia się do wzrostu rentowności firm i generowania zysków z produkcji dóbr pośrednich. To z kolei zwiększa zasób kapitału własnego przedsiębiorstwa.

Rysunek 5. Względny poziom technologii (kolor czarny, oś lewa), wartość firmy (kolor ciemny szary, oś prawa) i zaistniałe innowacje (kolor jasny szary)



Źródło: opracowanie własne

### Analiza wrażliwości kluczowych zmiennych występujących w modelu wzrostu

Przedstawimy w sposób syntetyczny wyniki symulacji dla różnych wartości wyróżnionych parametrów (*ceteris paribus*).

Tablica 2

#### Analiza wrażliwości zmiennych mikroekonomicznych

| Zmieniany parametr:              | $\rho = 20$ | $\rho = 50$ | $k^* = 0,7$ | $k^* = 0,4$ | $m = 0,02$ | $m = 0,06$ | $\alpha = 0,96$ | $\alpha = 0,88$ | $\tau = 0,1$ | $\tau = 0,3$ |
|----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|-----------------|-----------------|--------------|--------------|
| Poziom technologii $A_{t,i}$     | 7,957       | 2,426       | 2,739       | 3,053       | 2,985      | 3,049      | 3,091           | 2,999           | 2,892        | 3,120        |
| Zysk z działalności $\Pi_{t,i}$  | 1,651       | 0,320       | 0,342       | 0,491       | 0,413      | 0,453      | 0,545           | 0,395           | 0,425        | 0,423        |
| Wartość firmy $\Pi_{t,i}^*$      | 10,581      | 2,879       | 2,979       | 3,881       | 3,373      | 3,707      | 4,188           | 3,310           | 3,400        | 3,608        |
| Zysk nadzwyczajny $\Pi_{t,i}^*$  | 0,894       | 0,238       | 0,330       | 0,299       | 0,310      | 0,318      | 0,348           | 0,271           | 0,347        | 0,278        |
| Wyd. bieżące na B&R $R_t$        | 0,006       | 0,001       | 0,001       | 0,002       | 0,002      | 0,002      | 0,002           | 0,001           | 0,002        | 0,002        |
| Prawdopod. bankructwa $p$        | 0,049       | 0,050       | 0,049       | 0,050       | 0,050      | 0,050      | 0,050           | 0,050           | 0,050        | 0,050        |
| Prawdopod. innowacji $\mu_{t,i}$ | 0,090       | 0,080       | 0,077       | 0,085       | 0,083      | 0,082      | 0,084           | 0,081           | 0,082        | 0,083        |
| Liczba innowacji                 | 8,170       | 8,010       | 7,250       | 8,440       | 8,200      | 8,160      | 8,420           | 8,370           | 7,740        | 8,500        |
| Oczekiwane dotacje $G_{t,i}^*$   | 0,207       | 0,040       | 0,046       | 0,061       | 0,053      | 0,058      | 0,068           | 0,047           | 0,030        | 0,086        |

Źródło: opracowanie własne

Powyższe zmiany w wartościach parametrów modelu wzrostu prowadzą do zaistnienia odmiennych warunków gospodarowania dla firm oraz zmian kluczowych zmiennych mikroekonomicznych. Zgodnie z oczekiwaniami co do dynamiki systemu gospodarczego, widzimy istotny związek między sferą finansową, a realną gospodarką (tablica 3).

Tablica 3

## Analiza wrażliwości zmiennych makroekonomicznych

| Zmieniany parametr:            | $\rho = 20$ | $\rho = 50$ | $k^* = 0,7$ | $k^* = 0,4$ | $m = 0,02$ | $m = 0,06$ | $\alpha = 0,96$ | $\alpha = 0,88$ | $\tau = 0,1$ | $\tau = 0,3$ |
|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|-----------------|-----------------|--------------|--------------|
| $A^*/A_0^*$                    | 9,853       | 2,693       | 3,266       | 3,375       | 3,324      | 3,429      | 3,290           | 3,203           | 3,240        | 3,454        |
| Śr. prawdop. bankructwa $p$    | 0,038       | 0,043       | 0,044       | 0,041       | 0,042      | 0,043      | 0,041           | 0,042           | 0,041        | 0,043        |
| Liczba innowacji               | 67,970      | 69,990      | 66,270      | 68,890      | 71,120     | 69,810     | 67,640          | 68,890          | 65,650       | 71,410       |
| Wartość firmy $\prod_{t,i}^*$  | 9,860       | 2,150       | 3,069       | 2,735       | 2,809      | 2,949      | 3,168           | 2,477           | 2,918        | 2,945        |
| $R_t/PKB_t$                    | 3,324       | 1,945       | 2,922       | 1,830       | 2,217      | 2,245      | 4,875           | 1,298           | 2,368        | 2,000        |
| Wzrost TFP $\bar{A}_t$         | 1,959       | 0,995       | 1,135       | 1,161       | 1,146      | 1,178      | 1,124           | 1,116           | 1,104        | 1,198        |
| Wzrost $PKB_t$                 | 1,852       | 0,859       | 1,022       | 1,008       | 1,014      | 1,040      | 0,969           | 0,958           | 0,952        | 1,065        |
| Śr. prawdop. innowacji $\mu_t$ | 0,093       | 0,084       | 0,080       | 0,089       | 0,087      | 0,086      | 0,088           | 0,084           | 0,087        | 0,086        |
| Obrót na rynku kapitał. $V_t$  | 26,649      | 9,188       | 15,628      | 8,916       | 10,524     | 11,920     | 11,738          | 9,863           | 11,672       | 10,477       |

Źródło: opracowanie własne

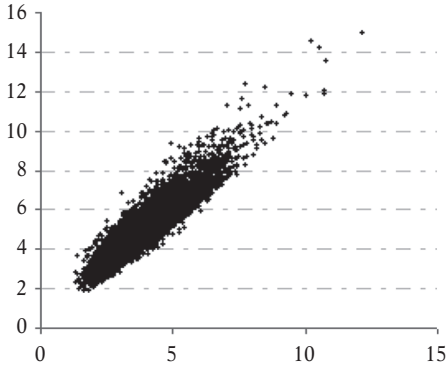
Zarówno wzrost aktywności podmiotów na rynku kapitałowym (wzrost  $m$ ), jak i większe bodźce do wdrażania innowacji (wyższe  $k^*$  oraz niższe  $\rho$ ) powodują zwiększenie średniej stopy wzrostu PKB, TFP i lepsze wyniki przedsiębiorstw. Co ciekawe, wyższa stawka podatku od zysków przedsiębiorstw wpływa pozytywnie na wzrost gospodarczy i postęp technologiczny (ze względu na zwiększenie korzyści z wdrożenia innowacji – oczekiwanych dotacji do wdrożenia innowacji).

### Wyniki symulacji

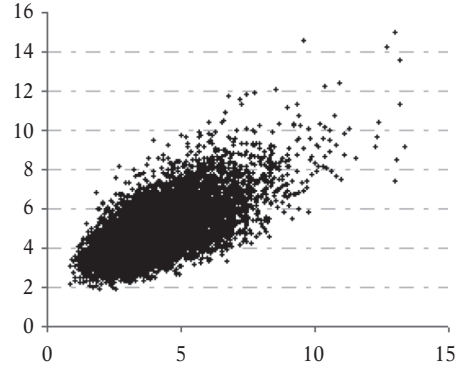
Ostatnim etapem badań było przeprowadzenie symulacji Monte Carlo systemu i zbadanie zależności między podstawowymi zmiennymi. Wyznaczono 10 000 przebiegów trajektorii analizowanego systemu gospodarczego. Otrzymane wyniki są zgodne z analitycznymi własnościami modelu. Poniżej zaprezentowane są wykresy punktowe zależności wybranych zmiennych.

Przedstawione zależności między podstawowymi zmiennymi modelu pokazują istotne dodatnie relacje między poziomem technologii i wzrostem PKB (rys. 6). Słaba, lecz dodatnia zależność występuje między poziomem PKB a kapitałem zgromadzonym przez firmy operujące w gospodarce (rys. 7).

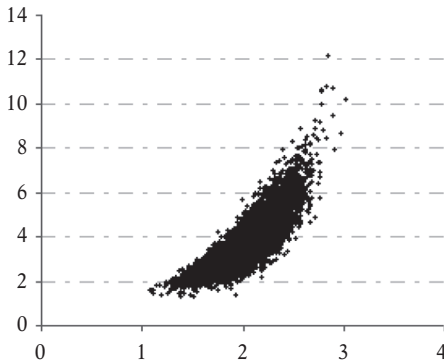
**Rysunek 6. Zależność między poziomem PKB (oś odciętych), a poziomem granicznej technologii (oś rzędnych)**



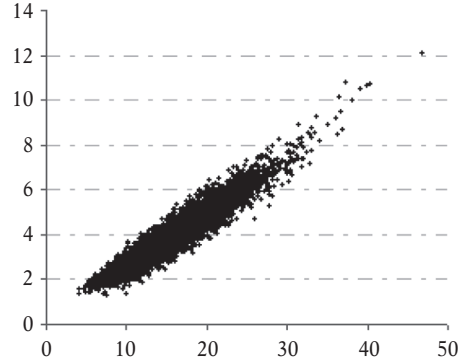
**Rysunek 7. Zależność między poziomem PKB (oś odciętych), a sumą wartości firm (oś rzędnych)**



**Rysunek 8. Zależność między wydatkami na B&R w relacji do wartości firm (oś odciętych), a poziomem PKB (oś rzędnych)**



**Rysunek 9. Zależność między wielkością obrotu na rynku (oś odciętych), a poziomem PKB (oś rzędnych)**



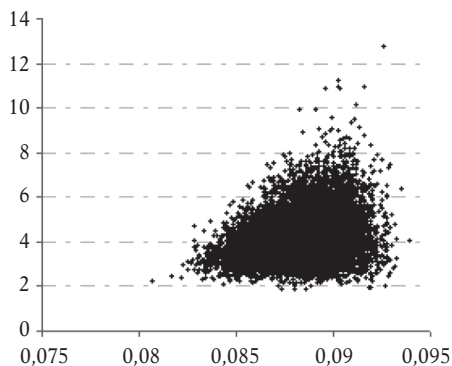
Istotne dodatnie relacje można zauważyć między PKB, a wydatkami firm na B&R oraz wielkością obrotu na rynku kapitałowym (rys. 8 i 9). Opierając się na założeniach modelu, jego dynamice i wynikach symulacji, widzimy że wzrost gospodarczy powodowany jest postępem technologicznym (wpływającym również na rozwój wartości firm) oraz, pośrednio, płynnością rynku kapitałowego.

Rysunki 10 i 11 pokazują relację między zmiennymi opisującymi poziom ryzyka działalności przedsiębiorstw (średnim prawdopodobieństwem bankructwa oraz udziałem ryzykownych obligacji korporacyjnych w portfelach firm), a zmiennymi opisującymi realną gospodarkę (PKB i średnim poziomem technologii). Na rys. 10 można zauważyć, że zarówno niskie, jak i wysokie prawdopodobieństwo bankructwa występują razem z niskimi realizacjami TFP.

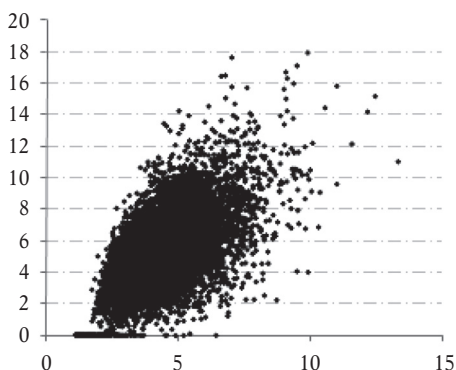


Z drugiej strony, im więcej obligacji korporacyjnych znajduje nabywców, tym większa dynamika na rynku B&R i szybszy wzrost gospodarczy (rys. 11). Zgodnie z oczekiwaniami, wyższe średnie wydatki na sektor B&R generują większą liczbę innowacji (rys. 12). Podobnie wyższy średni poziom technologii danego przedsiębiorstwa dodatnio (lecz niekoniecznie w sposób istotny) wpływa na akumulację wartości firmy (rys. 13).

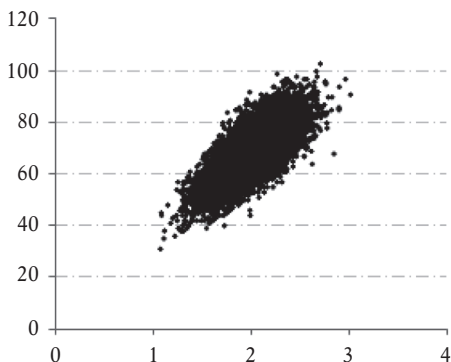
**Rysunek 10. Zależność między średnim prawdopodobieństwem bankructwa (oś odciętych), a średnim poziomem technologii (oś rzędnych)**



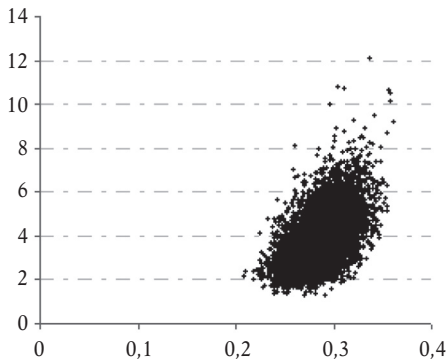
**Rysunek 11. Zależność między udziałem ryzykownych instrumentów w portfelu (oś odciętych), a poziomem PKB (oś rzędnych)**



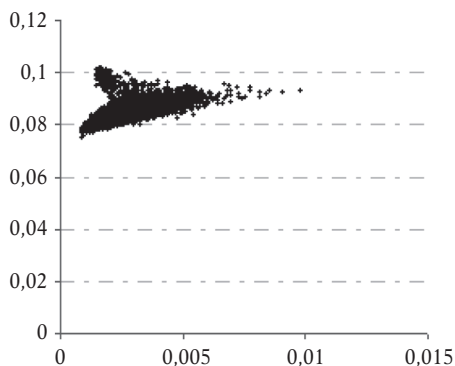
**Rysunek 12. Zależność między liczbą innowacji (oś odciętych), a średnimi wydatkami na sektor B&R (oś rzędnych)**



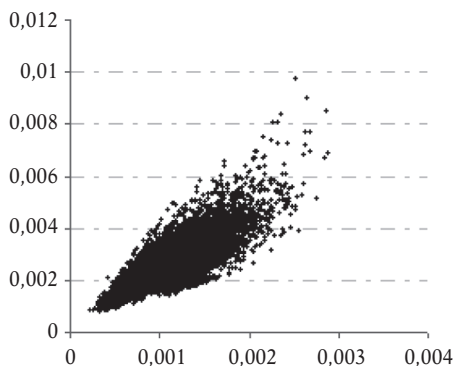
**Rysunek 13. Zależność między średnim, względnym poziomem technologii (oś odciętych), a wartością firmy (oś rzędnych)**



**Rysunek 14. Zależność między wielkością bieżących inwestycji w B&R (oś odciętych), a średnim prawdopodobieństwem innowacji (oś rzędnych)**



**Rysunek 15. Zależność między wielkością parametru dyfuzji (oś odciętych), a wielkością bieżących inwestycji w B&R (oś rzędnych)**



Źródło: opracowanie własne

Im wyższe są w danym przedsiębiorstwie nakłady na sektor B&R, tym wyższe jest prawdopodobieństwo dokonania przez nie innowacji (rys. 14). Niekiedy jednak, na przykład gdy firma jest blisko bankructwa, nawet niskie nakłady na sektor B&R mogą generować wysokie prawdopodobieństwo opracowania innowacji (stąd nieregularny kształt wykresu na rys. 14). Spadek wydatków na sektor B&R w sytuacji stagnacji postępu technologicznego powoduje mniej niż proporcjonalny spadek średniego prawdopodobieństwa innowacji (zob. warunek (15)). Stąd też można zaobserwować niezgodne z intuicją skupienie realizacji obu zmiennych. Zjawisko dyfuzji technologii jest bardziej regularne i staje się tym bardziej intensywne, im wyższe są bieżące nakłady na sektor B&R (rys. 15).

## Podsumowanie

Biorąc pod uwagę przeprowadzone badania nad zależnościami między sferą realną a sferą finansową gospodarki, sformułujemy kluczowe wnioski wynikające z przyjętego układu założeń.

- 1) Podstawową determinantą wzrostu gospodarczego jest innowacyjność przedsiębiorstw, która bezpośrednio stymuluje poziom technologii produkcji.
- 2) Rynek kapitałowy bardzo istotnie wpływa na dynamikę procesów zachodzących w realnej gospodarce. Jego dojrzałość i płynność sprzyjają rozwojowi przedsiębiorstw i wzrostowi gospodarczemu.
- 3) Stanem pożądanym i wspieranym przez instytucje rządowe jest konkurencja technologiczna między przedsiębiorstwami, która służy podniesieniu granicznego poziomu technologii w gospodarce i powoduje przyspieszenie wzrostu gospodarczego.

- 4) Przedsiębiorstwa kierują się zasadą maksymalizacji oczekiwanych zysków z działalności podstawowej, co skłania je do zwiększenia poziomu technologii produkcji i wyprzedzania konkurentów.
- 5) Istotną rolę w kreowaniu dynamiki systemu mają oczekiwania przedsiębiorstw co do przyszłej sytuacji gospodarczej. Ważnym aspektem jest to, jak awersja do ryzyka przekłada się na rzeczywiste decyzje inwestycyjne i w efekcie na wzrost gospodarczy.

Powyższe wnioski implikują również działania instytucji rządowych, które powinny dążyć do stymulowania konkurencji na rynku B&R i do wspierania tych podmiotów, które przyczyniają się do wzrostu możliwości produkcyjnych w całej gospodarce.

Opracowany model opisuje procesy zachodzące na pograniczu sfer: finansowej, technologicznej i produkcyjnej gospodarki. W celu lepszego odzwierciedlenia realnych procesów gospodarczych (związanych z niepewnością i zmiennością na rynku kapitałowym), autorzy sugerują wprowadzenie pewnych modyfikacji modelu. Jedną z nich może być wprowadzenie rynku akcji przedsiębiorstw, który opisywałby nastroje podmiotów co do przyszłej sytuacji gospodarczej. Ponadto rozważane są próby wprowadzenia decyzji podmiotów gospodarczych w wielu okresach oraz czasu ciągłego do modelu. Wreszcie, postulowana jest konstrukcja neoschumpeterowskiego modelu endogenicznego wzrostu z rynkiem kapitałowym dla gospodarki otwartej.

## Bibliografia

- Aghion P., Banerjee A., [2005], *Volatility and Growth*, Oxford University Press.
- Aghion P., Howitt P., [1992], *A Model of Growth Through Creative Destruction*, „Econometrica”, Vol. 60, nr 2, s. 323-351.
- Aghion P., Howitt P., [1998], *Endogenous Growth Theory*, The MIT Press, London.
- Aghion P., Howitt P., [2009], *The Economics of Growth*, The MIT Press, London.
- Aghion P., Howitt P., Mayer-Foulkes D., [2004], *The effect of financial development on Convergence: Theory and Evidence*, NBER Working Paper No. 10358.
- Arestis P., Demetriades P., [1997], *Financial Development and Economic Growth: Assessing the Evidence*, „The Economic Journal”, Vol. 107, No. 442, p. 783-99.
- Arestis P., Demetriades P., Luintel K.B., [2001], *Financial Development and Economic Growth: The Role of Stock Markets*, „Journal of Money”, Vol. 33, No. 1, p. 16-41.
- Artus P., [2010], *Total factor productivity: A reflection of innovation drive and improvement in human capital (education)*, NATIXIS, Special Reports. Economic Research, Nr. 41.
- Beck T., Levine R., [2004], *Stock Markets, Banks and Growth: Panel Evidence*, „Journal of Banking and Finance” 28, p. 423-442.
- Beck T., Levine R., Loayza N., [2000], *Finance and the sources of growth*, „Journal of Financial Economics” 58, p. 261-300.
- Burzyński M., [2010], *Idee J. Schumpetera w modelu Aghiona-Howitta*, Debiuty Ekonomiczne 2010, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu, Poznań.
- Burzyński M., Malaga K., [2011], *Mechanizm kreatywnej destrukcji w neoschumpeterowskich modelach wzrostu*, [w:] Panek E. (red.), *Zeszyt Naukowy na 176 Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu „Wzrost gospodarczy. Teoria i rzeczywistość”*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu, Poznań.

- Burzyński M., Malaga K., [2011], *Le modèle de croissance économique avec le marché des capitaux* [w:] Dischamps J.-C. (red.), Actes du 57-ème Congrès d'AIELF, »Refondation financière, sorties de crise et nouvelles stratégies de croissance économique«, Paris-Rijeka.
- Gomułka S., [1998], *Teoria innowacji i wzrostu gospodarczego*, Wydawnictwo CASE, Warszawa.
- Levine R., [1997], *Financial Development and Economic Growth: Views and Agenda*, „Journal of Economic Literature”, Vol. XXXV.
- Levine R., [1998], *The legal environment, banks, and long-run economic growth*, „Journal of Money, Credit, and Banking” 30, p. 596-613.
- Levine R., Zevros S., [1998], *Stock Markets, Banks, and Economic Growth*, „The American Economic Review”, Vol. 88, No. 3, p. 537-558.
- Malaga K., [2011], *The Main Strands and Dilemmas of Contemporary Economic Growth Theory*, Argumenta Oeconomica, No. 1 (26), p. 2-26, Wrocław University of Economics.
- Schumpeter J.A., [1939], *Business Cycles*, McGraw-Hill, New York.
- Schumpeter J.A., [1995], *Kapitalizm. Socjalizm. Demokracja*, PWN, Warszawa.
- Schumpeter J.A., [1960], *Teoria Rozwoju Gospodarczego*, PWN, Warszawa.
- Stiglitz J.E., [2000], *Capital Market Liberalization, Economic Growth, and Instability*, World Development, Vol. 28, No. 6, p. 1075-1086.

## NEO-SCHUMPETERIAN ECONOMIC GROWTH MODEL INCLUDING THE CAPITAL MARKET

### Summary

An original neo-Schumpeterian endogenous model of economic growth is presented in the article. The model includes the capital market and is an expansion of the Aghion-Howitt model [2009]. In the model, the rate of economic growth is equal to the rate of growth of the average level of technology, which is a direct consequence of innovation, the authors say.

The following sets of agents are identified in an economy described with this model: the final production sector, the intermediate production sector, the R&D sector, the government sector, and the capital market. On this basis, the dynamics of the economy was described.

The theoretical discussion was expanded to include empirical research, in which the key parameters of the model were calibrated. Additionally, a Monte Carlo simulation of the economy's dynamics was performed.

On the basis of the research, the authors concluded that the main determinant of economic growth is the process of generating innovations by enterprises, which directly influences the level of technology used in production. The capital market has a significant impact on the dynamics of processes occurring in the real economy, the authors note. Technological competition helps achieve the desired state of the economy. The authorities support technological competition because it promotes the growth of the frontier level of technology and spurs economic growth. Enterprises strive to maximize their expected profits from their core business, which encourages them to improve their production technology and outperform the competition. The expectations of companies about future economic trends play an important role in shaping the dynamics of the whole system. The key issue is how risk aversion influences the portfolio investment process, the real economic decisions of enterprises and consequently economic growth, the authors note.

According to Burzyński and Malaga, their research conclusions are crucial in terms of determining whether there is a dynamic equilibrium between the financial and real spheres of the economy – in other words, between the capital market, on the one hand, and innovation, technological progress and growth, on the other. Another key question is whether the liquidity and development of the capital market help spur economic growth, and how investors' risk aversion influences the process of implementing innovations. Finally, the article sheds light on how the volatility of the capital market influences economic growth, the authors say.

**Keywords:** neo-Schumpeterian endogenous model of economic growth, capital market, innovation, creative destruction, technological progress, diffusion of technology